

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Assistant Commissioner for Patents  
United States Patent and Trademark  
Office  
Box PCT  
Washington, D.C.20231  
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing: 02 March 2000 (02.03.00)	
International application No.: PCT/EP99/02752	Applicant's or agent's file reference: FH990401PCT
International filing date: 15 April 1999 (15.04.99)	Priority date: 18 August 1998 (18.08.98)
Applicant: BADRI, Sabah et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International preliminary Examining Authority on:  
23 December 1999 (23.12.99)☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election
- ☒
- was

☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer:  J. Zahra Telephone No.: (41-22) 338.83.38
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF THE RECORDING  
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and  
Administrative Instructions, Section 422)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

SCHOPPE, Fritz  
Schoppe, Zimmermann & Stöckeler  
Postfach 71 08 67  
D-81458 München  
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 08 February 2000 (08.02.00)	<b>IMPORTANT NOTIFICATION</b>
Applicant's or agent's file reference FH990401PCT	
International application No. PCT/EP99/02752	International filing date (day/month/year) 15 April 1999 (15.04.99)

## 1. The following indications appeared on record concerning:

☐ the applicant      ☐ the inventor      ☒ the agent      ☐ the common representative

Name and Address SCHOPPE, Fritz Schoppe & Zimmermann Postfach 71 08 67 D-81458 München Germany	State of Nationality	State of Residence
	Telephone No. 089/7904450	
	Facsimile No. 089/7902215	
	Teleprinter No.	

## 2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☐ the person      ☒ the name      ☐ the address      ☐ the nationality      ☐ the residence

Name and Address SCHOPPE, Fritz Schoppe, Zimmermann & Stöckeler Postfach 71 08 67 D-81458 München Germany	State of Nationality	State of Residence
	Telephone No. 089/7904450	
	Facsimile No. 089/7902215	
	Teleprinter No.	

## 3. Further observations, if necessary:

The indication of a new address of the agent on the demand (Form PCT/IPEA/401) has been considered a request for recording a change under Rule 92bis. In case of disagreement, the International Bureau should be notified immediately.

## 4. A copy of this notification has been sent to:

<input checked="" type="checkbox"/> the receiving Office	<input type="checkbox"/> the designated Offices concerned
<input type="checkbox"/> the International Searching Authority	<input checked="" type="checkbox"/> the elected Offices concerned
<input checked="" type="checkbox"/> the International Preliminary Examining Authority	<input type="checkbox"/> other:

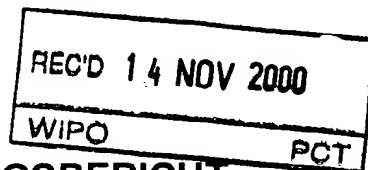
The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer F. Baechler Telephone No.: (41-22) 338.83.38
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)





Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>FH990401PCT</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsbericht (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/EP99/02752</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>15/04/1999</b>	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) <b>18/08/1998</b>
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK <b>H04L27/26</b>		
Anmelder <b>FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER ...</b>		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationale vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.  
  
☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 18 Blätter.

- Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderische Tätigkeit und der gewerbliche Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  <b>23/12/1999</b>	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  <b>10.11.2000</b>
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   <b>Europäisches Patentamt</b> <b>D-80298 München</b> <b>Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d</b> <b>Fax: +49 89 2399 - 4465</b>	Bevollmächtigter Bediensteter  <b>Pajatakis, E</b>  <b>Tel. Nr. +49 89 2399 8898</b> 

**I. Grundlage des Berichts**

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):

**Beschreibung, Seiten:**

1-3,5,7-12,                      ursprüngliche Fassung  
14-35

4,4a-4b,6,13                      eingegangen am                      25/07/2000    mit Schreiben vom                      25/07/2000

**Patentansprüche, Nr.:**

1-37                                  eingegangen am                      23/12/1999    mit Schreiben vom                      23/12/1999

**Zeichnungen, Blätter:**

1/6-6/6                              ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen Behörde in der Sprache: , zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, dass das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, dass die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen



Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung,      Seiten:
- ☐ Ansprüche,      Nr.:
- ☐ Zeichnungen,      Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

**V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

**1. Feststellung**

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-37
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-37
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-37
	Nein: Ansprüche	

**2. Unterlagen und Erklärungen  
siehe Beiblatt**

**Zu Punkt V**

**Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

1. Der Gegenstand des Anspruchs 1 ist neu und erfinderisch (Artikel 33(2)(3)):
  - 1.1 Der Anspruch 1 betrifft ein Verfahren zum Senden von Informationssymbolen mit einer Mehrzahl von Trägern. Dabei werden aus dem Informationssymbol Sendesymbole erzeugt und zeitversetzt übertragen.

Derartige Time-Diversity Verfahren sind allgemein bekannt, wie z.B. aus **US-A-3 665 395** oder **DE A 195 32 959**.

- 1.2 Der Gegenstand des Anspruchs 1 geht über den Stand der Technik hinaus indem eine Konstellationsvergrößerung eingeführt wird (Mapping-Diversity). Dabei werden aus jedem Informationssymbol zwei Sendesymbole erzeugt, die diesem Informationssymbol eindeutig zugeordnet sind. Die Sendesymbole sind voneinander und von den Informationssymbolen unterschiedlich.
  - 1.3 Ein derartiges Vorgehen wird durch den Stand der Technik nicht nahegelegt.

Gemäß **US-A-3 665 395** und **DE A 195 32 959** sind die zeitversetzt übertragene Signale identisch aufgebaut. Eine Konstellationsvergrößerung findet nicht statt.

**EP-A-0 572 171** offenbart ein Diversity Verfahren wobei Kopien des gleichen Informationssymbols unterschiedlich variiert werden. Dabei handelt es sich nicht um eine Konstellationsvergrößerung, weil es keine eindeutige Zuordnung zwischen Informations- und Sendesymbol stattfindet. Die Kopien des Informationssymbols werden lediglich mit unterschiedlichen Kodierungsfunktionen gewichtet und können deshalb alle mögliche Werte annehmen. Ferner werden die kodierten Kopien zeitgleich und nicht zeitversetzt übertragen.

Ebenso findet in **US-A-4 606 047** keine Erweiterung der Konstellation statt. Die zu übertragenden Zeichen können nur zwei Werte annehmen (0 oder 1). Bei der

Übertragung eines Wertes wird zeitgleich der komplementäre Wert über einen zweiten Kanal übertragen. D.h. es wird die gleiche Konstellation benutzt.

**GB-A-2 291 314** ist weniger relevant, weil kein Diversity-Verfahren offenbart wird. Sämtliche Information werden nur einmal übertragen.

2. Die obengenannte Feststellung betrifft auch die Ansprüche 2, 11, 20 und 30, die dem Anspruch 1 entsprechen.
3. Die abhängigen Ansprüche betreffen spezielle Ausführungen des Gegenstands der obengenannten unabhängigen Ansprüche und sind demnach ebenso neu und erfinderisch.

- 4 -

wegekanäle (nahezu) vollständig ausgelöscht werden können. Die Informationen, die über diese Träger übertragen werden, stehen somit am Empfänger nicht mehr zur Verfügung und können, wenn überhaupt, nur noch durch eine leistungsfähige Kanalcodierung wiedergewonnen werden.

Störungen des nicht idealen Übertragungskanals können beispielsweise in einem zusätzlichen Gauß'schen weißen Rauschen (AWGN; AWGN = Additive White Gaussian Noise), einer zeitabhängigen erhöhten Dämpfung des Übertragungskanals beispielsweise während des Fahrens im "Schatten" eines Hochhauses, einem frequenzselektiven Übertragungskanal, d. h. bestimmte Frequenzen werden stärker gedämpft als andere Frequenzen, oder (meistens) in einer Kombination der genannten Phänomene bestehen. Weiterhin finden aufgrund der üblicherweise stark inhomogenen Topologie des Übertragungskanals, d. h. viele Bauwerke in einer Stadt, Reflexionen statt, die bei entsprechenden Laufzeitverhältnissen, wie es bereits erwähnt wurde, zu konstruktiven aber auch destruktiven Interferenzen führen werden. Diese Situation verschärft sich noch dadurch, daß zusätzlich zu dem Mehrwegeempfang, der aufgrund der unterschiedlichen Übertragungswege vorhanden ist, in einem SFN-System systembedingt Signale von anderen Sendern empfangen werden, die synchron zu einem bezüglich des Empfängers dominierenden Sender senden. Signale solcher Nebensender werden längere Laufzeiten zum Empfänger haben, ihre Amplituden können jedoch aufgrund konstruktiver Interferenzen durchaus in den Bereich der Empfangsamplitude vom dominierenden Sender kommen, besonders wenn derselbe seinerseits durch eine destruktive Interferenz stark gedämpft ist.

~~Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Konzept für einen digitalen Rundfunk zu schaffen, das eine fehlersichere Übertragung ermöglicht, selbst wenn der Übertragungskanal gestört ist.~~

→ Seite 4a

- 4a -

Das US-Patent Nr. 4,606,047 bezieht sich auf ein HF-Kommunikationsmodem, das sowohl Frequenz- als auch Zeit-Diversity verwendet, um Übertragungsprobleme aufgrund von Rauschen, Mehrwegausbreitungen, usw. zu überwinden. Ein digital codiertes Signal wird aufeinanderfolgend in fünf komplementären Zwei-Ton-Kanälen übertragen, wobei immer der erste Ton eines Kanals, d.h. der erste Träger eines Kanals, das aktuell zu sendende Bit trägt, während der zweite Ton des Kanals den komplementären Zustand des ersten Kanals überträgt. In jedem Kanal werden das Sendebit sowie das dazu komplementäre Bit gleichzeitig übertragen, wobei die Übertragung in den fünf Kanälen zeitversetzt stattfindet.

Die EP 0 572 171 A1 bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Liefern von Zeit-Diversity für Kanäle, die einem Mehrwegschwund unterliegen. Ein digitales Signal wird kanalcodiert, um eines oder mehrere Symbole zu erzeugen. Hierauf wird eine Mehrzahl von Symbolkopien hergestellt, wobei jede Kopie durch eine festgelegte zeitlich variierende Funktion gewichtet wird. Die gewichteten Symbolkopien werden dann jeweils von unterschiedlichen Sendeschaltungen verarbeitet und von mit denselben verbundenen Antennen übertragen. Die Gewichtung der Symbole mittels der festgelegten zeitlich variierenden Funktion umfaßt eine Veränderung der Amplitudenverstärkung, der Phasenverschiebung oder sowohl der Amplitudenverstärkung als auch der Phasenverschiebung. Die gewichteten Kopien eines Symbols werden gleichzeitig übertragen. Sog. "Deep Fades" werden dadurch überwunden, daß durch die Gewichtung mit dem zeitlich variierenden Signal andere Phasen/Amplituden-Verhältnisse eingeführt werden, die zwar ebenso zu einer destruktiven Interferenz führen können, die aufgrund der Gewichtung auftritt, die jedoch die beiden interferierenden Signale derart verändert, daß die "Deep Fades" nicht mehr "statisch" sind, sondern lediglich während eines bestimmten Teils der zeitlich variierenden Gewichtungsfunktionen auftreten.

→ Seite 4b

- 4b -

~~wegekänäle (nahezu) vollständig ausgelöscht werden können.~~  
Die Informationen, die über diese Träger übertragen werden, stehen somit am Empfänger nicht mehr zur Verfügung und können, wenn überhaupt, nur noch durch eine leistungsfähige Kanalcodierung wiedergewonnen werden.

Störungen des nicht idealen Übertragungskanals können beispielsweise in einem zusätzlichen Gauß'schen weißen Rauschen (AWGN; AWGN = Additive White Gaussian Noise), einer zeitabhängigen erhöhten Dämpfung des Übertragungskanals beispielsweise während des Fahrens im "Schatten" eines Hochhauses, einem frequenzselektiven Übertragungskanal, d. h. bestimmte Frequenzen werden stärker gedämpft als andere Frequenzen, oder (meistens) in einer Kombination der genannten Phänomene bestehen. Weiterhin finden aufgrund der üblicherweise stark inhomogenen Topologie des Übertragungskanals, d. h. viele Bauwerke in einer Stadt, Reflexionen statt, die bei entsprechenden Laufzeitverhältnissen, wie es bereits erwähnt wurde, zu konstruktiven aber auch destruktiven Interferenzen führen werden. Diese Situation verschärft sich noch dadurch, daß zusätzlich zu dem Mehrwegeempfang, der aufgrund der unterschiedlichen Übertragungswege vorhanden ist, in einem SFN-System systembedingt Signale von anderen Sendern empfangen werden, die synchron zu einem bezüglich des Empfängers dominierenden Sender senden. Signale solcher Nebensender werden längere Laufzeiten zum Empfänger haben, ihre Amplituden können jedoch aufgrund konstruktiver Interferenzen durchaus in den Bereich der Empfangsamplitude vom dominierenden Sender kommen, besonders wenn derselbe seinerseits durch eine ~~destruktive Interferenz stark gedämpft ist.~~

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Konzept für einen digitalen Rundfunk zu schaffen, das eine fehlersichere Übertragung ermöglicht, selbst wenn der Übertragungskanal gestört ist.

→ Seite 5

- 6 -

führt eine Vergrößerung der Signalkonstellation gemäß der vorliegenden Erfindung zu einer Gewichtung der Amplitude eines Zeigers, d. h. daß ein erstes Sendesymbol, das auf einem Informationssymbol basiert, eine erste Amplitude hat, während ein zweites Sendesymbol, das auf demselben Informationssymbol basiert, jedoch zu einem späteren Zeitpunkt gesendet wird, eine andere Amplitude hat. Erfindungsgemäß werden daher Informationen nicht nur zweimal gesendet, sondern auch mittels unterschiedlicher Informationssymbole, die in der vergrößerten Signalkonstellation liegen, wobei im Unterschied der Sendesymbole jedoch keine Nutzinformation codiert ist, weshalb die Bitbandbreite des Systems durch dieses Verfahren nicht erhöht wird.

Erfindungsgemäß kann ein Empfänger, der ebenfalls die vergrößerte Signalkonstellation kennt, aufgrund der beiden zu unterschiedlichen Zeitpunkten empfangenen Sendesymbole, die sich auf dasselbe Informationssymbol beziehen, und aufgrund der Unterschiedlichkeit der empfangenen Sendesymbole mittels einer Kanaldecodierung zuverlässig die gesendeten Informationssymbole wiedergewinnen.

Die bevorzugte Modulationsart ist die Differenzphasenumtastung, die prinzipiell mit einer beliebigen Anzahl von Phasenzuständen implementiert sein kann (DMPSK), die jedoch bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel als DQPSK, d. h. mit vier Phasenzuständen oder Phasenzeigerstellungen, implementiert ist. Für einen kohärenten Empfang wird bei jedem empfangenen Informationssymbol die Phase <sup>geschätzt</sup> ~~geschätzt~~. Die Differenz-Decodierung, d. h. das Bilden der Phasendifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden empfangenen Sendesymbolen, kann dann durch einen einfachen Subtrahiervorgang durchgeführt werden. Nachteilig an diesem Konzept ist der erhöhte Hardwareaufwand für die Phasenschätzung. Vorteilhaft ist jedoch ein hoher Empfangsgewinn.

- 13 -

richtung 52 zum Gruppieren von Bits, um Informationssymbole  $b(1)$   $b(0)$  zu erzeugen. Die Gruppierung von zwei Bit  $b(1)$   $b(0)$  führt dazu, die vier Phasenzustände des Signalkonstellationsdiagramm, das in Fig. 3 gezeigt ist, darstellen zu können. Die Einrichtung zum Gruppieren von Bits, um Informationssymbole zu erzeugen, wird auch als "erster Mapper" bezeichnet. Dem ersten Mapper 52 nachgeschaltet findet sich ein zweiter Mapper 54, der die erfindungsgemäße Erweiterung der Signalkonstellation zu einer erweiterten Signalkonstellation, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, durchführt. Selbstverständlich könnte der zweite "Mapper" auch die erweiterte Signalkonstellation implementieren, die in Fig. 2 dargestellt ist. Der zweite Mapper 54 stellt also eine Einrichtung zum Gewichten der von der Einrichtung 52 zum Gruppieren erzeugten Informationssymbole dar. Die beiden Einrichtungen 52 und 54 bilden somit zusammen eine Einrichtung zum Erzeugen eines ersten und eines zweiten Sendesymbols aufgrund eines einzigen Informationssymbols, wobei sich das erste und das zweite Sendesymbol voneinander unterscheiden. ~~Das erste Sendesymbol könnte hierbei ein "unbehandeltes" Informationssymbol, das einfach durch die Einrichtung 54 durchgeschaltet wird, sein, während das zweite Sendesymbol ein "behandeltes" Informationssymbol sein könnte, das bei einem Ausführungsbeispiel in seiner Amplitude gewichtet ist. Alternativ können beide Informationssymbole~~ <sup>Beide</sup> ~~gewichtet werden,~~ <sup>werden</sup> und zwar mit zwei unterschiedlichen Faktoren  $c(i)$ . Am Ausgang der Einrichtung zum Gewichten 54 liegen somit zu unterschiedlichen Zeitpunkten unterschiedliche Sendesymbole an, die sich jedoch auf dasselbe Informationssymbol  $b(1)$   $b(0)$  beziehen.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird dann eine Differenzcodierung zweier zeitlich benachbarter Sendesymbole durchgeführt, wie sie bereits bezugnehmend auf Fig. 4 beschrieben wurde. Es ist jedoch offensichtlich, daß das erfindungsgemäße Verfahren zum Senden ebenso wie das erfindungsgemäße Verfahren zum Empfangen auch



### Patentansprüche

1. Verfahren zum Senden von Informationssymbolen mit einer Mehrzahl von Trägern mit folgenden Schritten:

Erzeugen (52, 54) eines ersten Sendesymbols aus einem Informationssymbol;

Erzeugen (52, 54) eines zweiten Sendesymbols aus dem gleichen Informationssymbol, wobei sich das zweite Sendesymbol von dem ersten Sendesymbol unterscheidet, wobei aus jedem Informationssymbol mindestens zwei voneinander unterschiedliche Sendesymbole erzeugbar sind, die diesem Informationssymbol eindeutig zugeordnet sind, und wobei sich alle Sendesymbole, die aus den einzelnen Informationssymbolen erzeugbar sind, voneinander und von den Informationssymbolen unterscheiden;

Modulieren (56) des ersten Sendesymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem ersten Sendesymbol modulierten Trägers zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ); und

Modulieren des zweiten Sendesymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem zweiten Sendesymbol modulierten Trägers zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), wobei der zweite Zeitpunkt zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt liegt.

2. Verfahren zum Senden von Informationssymbolen mit einer Mehrzahl von Trägern, mit folgenden Merkmalen:

Erzeugen (52, 54) eines ersten Sendesymbols aus einem Informationssymbol;

GEÄNDERTES BLATT

Erzeugen (52, 54) eines zweiten Sendesymbols aus dem gleichen Informationssymbol, wobei sich das zweite Sendesymbol von dem ersten Sendesymbol unterscheidet, wobei aus jedem Informationssymbol mindestens zwei voneinander unterschiedliche Sendesymbole erzeugbar sind, die diesem Informationssymbol eindeutig zugeordnet sind, und wobei sich alle Sendesymbole, die aus den einzelnen Informationssymbolen erzeugbar sind, voneinander und von den Informationssymbolen unterscheiden;

Erzeugen (10, 12, 14) einer Differenz zwischen dem ersten Sendesymbol und einem demselben zeitlich vorausgehenden Sendesymbol, um ein erstes Differenzsymbol zu erhalten;

Erzeugen (10, 12, 14) einer Differenz zwischen dem zweiten Sendesymbol und einem demselben zeitlich vorausgehenden Sendesymbol, um ein zweites Differenzsymbol zu erhalten;

Modulieren (56) des ersten Differenzsymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem ersten Differenzsymbol modulierten Trägers zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ); und

Modulieren des zweiten Differenzsymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem zweiten Differenzsymbol modulierten Trägers zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), wobei der zweite Zeitpunkt zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem sich der mit dem ersten Sendesymbol bzw. Differenzsymbol modulierte Träger von dem mit dem zweiten Sendesymbol bzw. Differenzsymbol modulierten Träger unterscheidet.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Zeitspanne zwischen dem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ) und dem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ) derart lang ist, daß Übertragungen der mit den beiden Sendesymbolen bzw. Differenzsymbolen modulierten Träger über einen Übertragungskanal statistisch voneinander unabhängig sind.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das erste Sendesymbol einen einer vordefinierten Anzahl von Phasenzuständen in der komplexen Ebene einnehmen kann, und

bei dem das zweite Sendesymbol den gleichen Phasenzustand in der komplexen Ebene wie das erste Sendesymbol einnimmt, aber einen unterschiedlichen Amplitudenzustand aufweist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

bei dem das erste Sendesymbol einen einer vordefinierten Anzahl von Phasenzuständen in der komplexen Ebene einnehmen kann, und

bei dem das zweite Sendesymbol einen anderen Phasenzustand der komplexen Ebene wie das erste Sendesymbol einnimmt.

7. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem neben dem ersten und dem zweiten Sendesymbol zwei weitere Sendesymbole zu unterschiedlichen Zeitpunkten übertragen werden, die den gleichen Phasenzustand aus einer Anzahl von vier Phasenzuständen in der komplexen Ebene aber zueinander unterschiedliche Amplituden aus jeweils vier vorgegebenen Amplituden haben.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem vor dem Schritt des Modulierens (56) eine Phasenzuweisung (16) zu einem binären Symbol ausgeführt wird, und bei dem der Schritt des Modulierens (56) den Schritt des inversen Frequenztransformierens der Mehrzahl von phasenumgetasteten Träger in den komplexen Zeitbereich umfaßt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem N verschiedene Träger, N Informationssymbole, N erste Sendesymbole und N zweite Sendesymbole vorhanden sind, bei dem ein Mehrträgermodulations-Symbol (MCM-Symbol) das Resultat einer inversen Fouriertransformation der mit den Sendesymbolen bzw. Differenzsymbolen beaufschlagten N Träger umfaßt, und  
  
bei dem ein MCM-Frame eine Mehrzahl von MCM-Symbolen aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die N zweiten Sendesymbole, die den N Informationssymbolen entsprechen, zeitlich über mehrere MCM-Frames verteilt sind.
11. Verfahren zum Empfangen von Informationssymbolen, die mittels einer Mehrzahl von Trägern übertragen werden, wobei ein Informationssymbol durch ein erstes und ein zweites unterschiedliches Sendesymbol dargestellt ist, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten empfangen werden, wobei jedes Informationssymbol durch mindestens zwei voneinander unterschiedliche Sendesymbole darstellbar ist, die diesem Informationssymbol eindeutig zugeordnet sind, und wobei sich alle Sendesymbole, die die einzelnen Informationssymbolen darstellen können, voneinander und von den In-

formationssymbolen unterscheiden, mit folgenden Schritten:

Demodulieren (84) eines ersten Trägers, um ein erstes empfangenes Sendesymbol zu erhalten, zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ );

Speichern (98) des ersten empfangenen Sendesymbols bzw. von Informationen, die auf das erste empfangene Sendesymbol hinweisen;

Demodulieren (84) eines weiteren Trägers zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), um ein zweites empfangenes Sendesymbol zu erhalten; und

Verwenden des gespeicherten ersten empfangenen Sendesymbols bzw. der Informationen, die auf das erste empfangene Sendesymbol hinweisen, und des zweiten empfangenen Sendesymbols, um das Informationssymbol, das beiden empfangenen Sendesymbolen zugrunde liegt, zu ermitteln, indem festgestellt wird, welchem Informationssymbol der Informationssymbole das erste empfangene Sendesymbol und das vom ersten empfangenen Sendesymbol unterschiedliche zweite empfangene Sendesymbol zugeordnet sind.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem der eine Träger und der weitere Träger voneinander unterschiedlich sind.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, bei dem die Sendesymbole Differenz-codiert sind, wobei ein Informationssymbol durch eine Differenz zweier zeitlich benachbarter Sendesymbole dargestellt ist, das ferner folgende Schritte aufweist:

GEÄNDERTES BLATT

Schätzen (86) der Phasen des ersten empfangenen Sendesymbols und eines dem ersten empfangenen Sendesymbol zeitlich vorausgehenden empfangenen Sendesymbols;

Bilden der Differenz der geschätzten Phasen, um eine erste empfangene Phasendifferenz zu erhalten, die auf das Informationssymbol hinweist;

Durchführen der Schritte des Schätzens und des Bildens der Differenz für das zweite empfangene Sendesymbol, um eine zweite empfangene Phasendifferenz zu erhalten, die auf das gleiche Informationssymbol hinweist;

Durchführen einer weichen Entscheidung aufgrund sowohl der ersten als auch der zweiten empfangenen Phasendifferenz, um einen ersten und einen zweiten Wert für das Informationssymbol zu erhalten; und

Bestimmen des Informationssymbols aus dem ersten und/oder zweiten Wert.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem statt des Schritts des Durchführens einer weichen Entscheidung folgender Schritt durchgeführt wird:

Durchführen einer harten Entscheidung aufgrund sowohl der ersten als auch der zweiten empfangenen Phasendifferenz, um einen ersten und zweiten Wert für das Informationssymbol zu erhalten.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, bei dem im Schritt des Bestimmens der Wert stärker berücksichtigt wird, bei dem die Amplituden seiner zugrunde liegenden empfangenen

Sendesymbole, aus denen die Phasendifferenz bestimmt wurde, näher an einer vorbestimmten Schwelle lagen.

16. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, bei dem die Sendesymbole Differenz-codiert sind, wobei ein Informationssymbol durch eine Differenz zweier zeitlich benachbarter Sendesymbole dargestellt ist, das ferner folgende Schritte aufweist:

Multiplizieren eines ersten Empfangssymbols mit dem konjugiert komplexen Wert eines zeitlich vorausgehenden Empfangssymbols;

Multiplizieren eines zweiten Empfangssymbols mit dem konjugiert komplexen Wert seines zeitlich vorausgehenden Empfangssymbols;

Berechnen der Log-Likelihood-Ratios für jedes der Multiplikationsergebnisse; und

Bestimmen des Informationssymbols aus den ersten und zweiten Log-Likelihood-Ratios.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem im Schritt des Bestimmens die Log-Likelihood-Ratios stärker berücksichtigt werden, deren zugrunde liegendes Multiplikationsergebnis einen höheren Betrag hatte.

18. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem im Schritt des Bestimmens die Log-Likelihood-Ratios beider Multiplikationsergebnisse addiert werden, um für jedes Bit des Informationssymbols ein Log-Likelihood-Ratio zu erhalten.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, bei dem die Log-Likelihood-Ratios für die Bits des Informationssymbols einem Viterbi-Decodieralgorithmus zugeführt werden, um die Bits des Informationssymbols im Empfänger zu bestimmen.

20. Vorrichtung zum Senden von Informationssymbolen mittels einer Mehrzahl von Trägern, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung (52, 54) zum Erzeugen eines ersten und eines zweiten Sendesymbols aufgrund eines einzigen Informationssymbols, wobei sich das erste und das zweite Sendesymbol voneinander unterscheiden, wobei aus jedem Informationssymbol mindestens zwei voneinander unterschiedliche Sendesymbole erzeugbar sind, die diesem Informationssymbol eindeutig zugeordnet sind, und wobei sich alle Sendesymbole, die aus den einzelnen Informationssymbolen erzeugbar sind, voneinander und von den Informationssymbolen unterscheiden;

einer Einrichtung (56) zum Modulieren des ersten und des zweiten Sendesymbols auf einen ersten und einen zweiten Träger; und

einer Einrichtung (62) zum Senden des modulierten ersten Sendesymbols zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ) und des modulierten zweiten Sendesymbols zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), wobei der zweite Zeitpunkt zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt liegt.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, bei dem der erste Träger und der zweite Träger voneinander unterschiedlich sind.



22. Vorrichtung nach Anspruch 20 oder 21, bei dem die Einrichtung (52, 54) zum Erzeugen ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Gruppierungseinrichtung (52) zum Gruppieren einer Mehrzahl von Bits, um ein Informationssymbol zu bilden; und

eine Änderungseinrichtung (54) zum Ändern des ersten und/oder zweiten Sendesymbols unabhängig von einer Information, die durch das Informationssymbol repräsentiert ist.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 22, bei der die Einrichtung (52, 54) zum Erzeugen mehr als zwei Sendesymbole erzeugt, die sich untereinander unterscheiden; und

bei der die Einrichtung (56) zum Modulieren mehr als zwei Sendesymbole auf jeweilige Träger moduliert; und

bei der die Einrichtung (62) zum Senden die mehr als zwei Sendesymbole zu jeweils unterschiedlichen Zeitpunkten sendet.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 23, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Differenz-Codiereinrichtung (10, 12, 14) zum Erzeugen von Differenzsymbolen zwischen den Sendesymbolen und den jeweils zeitlich vorausgehenden Sendesymbolen.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 24, die ferner folgende Merkmale aufweisen:

GEÄNDERTES BLATT

eine Einrichtung (16) zum Zuordnen der zu modulierenden Symbole zu einem Phasenwert aus einer vordefinierten Anzahl (M) von Phasenwerten.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 25, bei der die Einrichtung (56) zum Modulieren eine inverse schnelle Fouriertransformation zum parallelen Modulieren einer Vielzahl von Sendesymbolen bzw. Differenzsymbolen auf die Vielzahl von Trägern umfaßt, um ein MCM-Symbol zu erzeugen.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 26, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Kanalcodiereinrichtung (50) zum Faltungscodieren von Informationswörtern, um Bits für die Informationssymbole zu erzeugen.

28. Vorrichtung nach Anspruch 26 oder 27, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (58) zum Einfügen eines Schutzintervalls zwischen zwei MCM-Symbole; und

eine Einrichtung (60) zum Einfügen einer Synchronisationssequenz, um einen MCM-Frame zu bilden.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (62) zum Modulieren eines MCM-Frames auf einen HF-Träger; und

GEÄNDERTES BLATT

eine Antenne (62) zum Senden des modulierten HF-Trägers.

30. Vorrichtung zum Empfangen von Informationssymbolen, die mittels einer Mehrzahl von Trägern übertragen werden, wobei ein Informationssymbol durch ein erstes und ein zweites unterschiedliches Sendesymbol, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten empfangen werden, dargestellt ist, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung (84) zum Demodulieren der modulierten Träger zu jeweiligen Zeitpunkten ( $k_1$ ,  $k_2$ ), um ein erstes und ein zweites empfangenes Sendesymbol zu erhalten; und

einer Einrichtung (90, 96; 96, 100) zum Verwenden der beiden empfangenen Sendesymbole, um das Informationssymbol, das den beiden empfangenen Sendesymbolen zugrunde liegt, zu ermitteln, indem festgestellt wird, welchem Informationssymbol der Informationssymbole das erste empfangene Sendesymbol und das vom ersten empfangenen Sendesymbol unterschiedliche zweite empfangene Sendesymbol zugeordnet sind.

31. Vorrichtung nach Anspruch 30, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Differenz-Decodiereinrichtung (88, 90; 90, 92, 94) zum Bilden einer Phasendifferenz zwischen zwei zeitlich aufeinanderfolgende demodulierten empfangenen Sendesymbolen.

32. Vorrichtung nach Anspruch 31, bei der die Differenz-Decodiereinrichtung (90, 92, 94) eine Multiplikationseinrichtung (92), eine Verzögerungseinrichtung (90) und eine

Einrichtung (94) zum Bilden eines konjugiert komplexen Wertes aufweist.

33. Vorrichtung nach Anspruch 31, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (96a, 96b) zum Berechnen der Log-Likelihood-Ratios für die Multiplikationsergebnisse; und

eine Einrichtung (100) zum Kombinieren der Log-Likelihood-Ratios der Multiplikationsergebnisse, die sich auf die beiden empfangenen Sendesymbole beziehen, um das Informationssymbol zu erhalten.

34. Vorrichtung nach Anspruch 33, bei der die Einrichtung zum Kombinieren (100) angeordnet ist, um die Log-Likelihood-Ratios, die sich auf das erste und das zweite empfangene Sendesymbol beziehen, zu addieren, wobei die Vorrichtung ferner folgendes Merkmal aufweist:

eine Kanaldecodiereinrichtung (90), die einen Viterbi-Decodierer umfaßt.

35. Vorrichtung nach Anspruch 30, bei der ein Informationssymbol durch eine Differenz zwischen dem ersten Symbol und dem zeitlich vorausgehenden Sendesymbol sowie durch eine Differenz zwischen dem zweiten Sendesymbol und dem zeitlich vorausgehenden Sendesymbol übertragen wird, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (86) zum Schätzen der Phase jedes empfangenen Sendesymbols; und

eine Einrichtung (88, 90) zum Bilden der Differenz zwischen der Phase des empfangenen Sendesymbols und der Phase des zeitlich vorausgehenden empfangenen Sendesymbols, um einen empfangenen Phasendifferenzwert für jedes Sendesymbol zu erhalten.

36. Vorrichtung nach Anspruch 35, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (90) um Erhalten des Informationssymbols durch weiche Entscheidung aufgrund des empfangenen Phasendifferenzwerts mittels eines Viterbi-Algorithmus.

37. Vorrichtung nach Anspruch 35, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Schwellenentscheidungseinrichtung zum Erhalten des Informationssymbols zum Vergleichen der empfangenen Phasendifferenzwerte für das erste und das zweite empfangene Sendesymbol mit einer harten Schwelle; und

eine Einrichtung zum Kombinieren der Ergebnisse der Schwellenentscheidungseinrichtung für das erste und das zweite empfangene Sendesymbol, um das Informationssymbol zu erhalten.

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

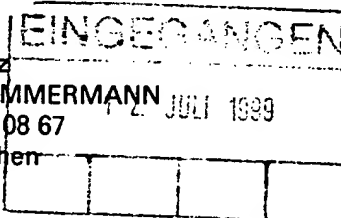
NOTIFICATION CONCERNING  
SUBMISSION OR TRANSMITTAL  
OF PRIORITY DOCUMENT

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

SCHOPPE, Fritz  
SCHOPPE & ZIMMERMANN  
POSTFACH 71 08 67  
D-81458 München  
ALLEMAGNE



Date of mailing (day/month/year) 05 July 1999 (05.07.99)	
Applicant's or agent's file reference FH990401PCT	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/EP99/02752	International filing date (day/month/year) 15 April 1999 (15.04.99)
International publication date (day/month/year) Not yet published	Priority date (day/month/year) 18 August 1998 (18.08.98)
Applicant FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG e. V. et al	

1. The applicant is hereby notified of the date of receipt (except where the letters "NR" appear in the right-hand column) by the International Bureau of the priority document(s) relating to the earlier application(s) indicated below. Unless otherwise indicated by an asterisk appearing next to a date of receipt, or by the letters "NR", in the right-hand column, the priority document concerned was submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b).
2. This updates and replaces any previously issued notification concerning submission or transmittal of priority documents.
3. An asterisk(\*) appearing next to a date of receipt, in the right-hand column, denotes a priority document submitted or transmitted to the International Bureau but not in compliance with Rule 17.1(a) or (b). In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.
4. The letters "NR" appearing in the right-hand column denote a priority document which was not received by the International Bureau or which the applicant did not request the receiving Office to prepare and transmit to the International Bureau, as provided by Rule 17.1(a) or (b), respectively. In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

<u>Priority date</u>	<u>Priority application No.</u>	<u>Country or regional Office or PCT receiving Office</u>	<u>Date of receipt of priority document</u>
18 Augu 1998 (18.08.98)	198 37 426.7	DE	01 July 1999 (01.07.99)

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Authorized officer Céline Faust Telephone No. (41-22) 338.83.38
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

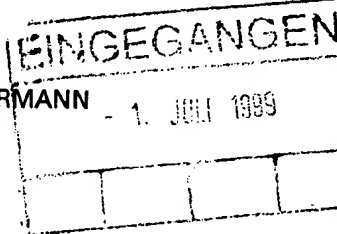
NOTIFICATION OF RECEIPT OF  
RECORD COPY

(PCT Rule 24.2(a))

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

SCHOPPE, Fritz  
SCHOPPE & ZIMMERMANN  
POSTFACH 71 08 67  
D-81458 München  
ALLEMAGNE



Date of mailing (day/month/year) 24 June 1999 (24.06.99)	IMPORTANT NOTIFICATION
Applicant's or agent's file reference FH990401PCT	International application No. PCT/EP99/02752

The applicant is hereby notified that the International Bureau has received the record copy of the international application as detailed below.

Name(s) of the applicant(s) and State(s) for which they are applicants:

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG e. V. (for all designated States except US)  
BADRI, Sabah et al (for US)

International filing date : 15 April 1999 (15.04.99)  
Priority date(s) claimed : 18 August 1998 (18.08.98)  
Date of receipt of the record copy by the International Bureau : 07 June 1999 (07.06.99)  
List of designated Offices :

EP : AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE  
National : CA, JP, US

## ATTENTION

The applicant should carefully check the data appearing in this Notification. In case of any discrepancy between these data and the indications in the international application, the applicant should immediately inform the International Bureau.

In addition, the applicant's attention is drawn to the information contained in the Annex, relating to:

- ☒ time limits for entry into the national phase
- ☒ confirmation of precautionary designations
- ☒ requirements regarding priority documents

A copy of this Notification is being sent to the receiving Office and to the International Searching Authority.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Authorized officer: Céline Faust Telephone No. (41-22) 338.83.38
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

### INFORMATION ON TIME LIMITS FOR ENTERING THE NATIONAL PHASE

The applicant is reminded that the "national phase" must be entered before each of the designated Offices indicated in the Notification of Receipt of Record Copy (Form PCT/IB/301) by paying national fees and furnishing translations, as prescribed by the applicable national laws.

The time limit for performing these procedural acts is **20 MONTHS** from the priority date or, for those designated States which the applicant elects in a demand for international preliminary examination or in a later election, **30 MONTHS** from the priority date, provided that the election is made before the expiration of 19 months from the priority date. Some designated (or elected) Offices have fixed time limits which expire even later than 20 or 30 months from the priority date. In other Offices an extension of time or grace period, in some cases upon payment of an additional fee, is available.

In addition to these procedural acts, the applicant may also have to comply with other special requirements applicable in certain Offices. It is the **applicant's responsibility** to ensure that the necessary steps to enter the national phase are taken in a timely fashion. Most designated Offices do not issue reminders to applicants in connection with the entry into the national phase.

For detailed information about the procedural acts to be performed to enter the national phase before each designated Office, the applicable time limits and possible extensions of time or grace periods, and any other requirements, see the relevant Chapters of Volume II of the PCT Applicant's Guide. Information about the requirements for filing a demand for international preliminary examination is set out in Chapter IX of Volume I of the PCT Applicant's Guide.

GR and ES became bound by PCT Chapter II on 7 September 1996 and 6 September 1997, respectively, and may, therefore, be elected in a demand or a later election filed on or after 7 September 1996 and 6 September 1997, respectively, regardless of the filing date of the international application. (See second paragraph above.)

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

### CONFIRMATION OF PRECAUTIONARY DESIGNATIONS

This notification lists only specific designations made under Rule 4.9(a) in the request. It is important to check that these designations are correct. Errors in designations can be corrected where precautionary designations have been made under Rule 4.9(b). The applicant is hereby reminded that any precautionary designations may be confirmed according to Rule 4.9(c) before the expiration of 15 months from the priority date. If it is not confirmed, it will automatically be regarded as withdrawn by the applicant. There will be no reminder and no invitation. Confirmation of a designation consists of the filing of a notice specifying the designated State concerned (with an indication of the kind of protection or treatment desired) and the payment of the designation and confirmation fees. Confirmation must reach the receiving Office within the 15-month time limit.

### REQUIREMENTS REGARDING PRIORITY DOCUMENTS

For applicants who have not yet complied with the requirements regarding priority documents, the following is recalled.

Where the priority of an earlier national, regional or international application is claimed, the applicant must submit a copy of the said earlier application, certified by the authority with which it was filed ("the priority document") to the receiving Office (which will transmit it to the International Bureau) or directly to the International Bureau, before the expiration of 16 months from the priority date, provided that any such priority document may still be submitted to the International Bureau before that date of international publication of the international application, in which case that document will be considered to have been received by the International Bureau on the last day of the 16-month time limit (Rule 17.1(a)).

Where the priority document is issued by the receiving Office, the applicant may, instead of submitting the priority document, request the receiving Office to prepare and transmit the priority document to the International Bureau. Such request must be made before the expiration of the 16-month time limit and may be subjected by the receiving Office to the payment of a fee (Rule 17.1(b)).

If the priority document concerned is not submitted to the International Bureau or if the request to the receiving Office to prepare and transmit the priority document has not been made (and the corresponding fee, if any, paid) within the applicable time limit indicated under the preceding paragraphs, any designated State may disregard the priority claim, provided that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

Where several priorities are claimed, the priority date to be considered for the purposes of computing the 16-month time limit is the filing date of the earliest application whose priority is claimed.



# PATENT COOPERATION TREATY

WO 00/11844  
PCT/EP99/02752

**PCT**

From the INTERNATIONAL BUREAU

## NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

To:

SCHOPPE, Fritz  
Schoppe, Zimmermann & Stöckeler  
Postfach 71 08 67  
D-81458 München  
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 02 March 2000 (02.03.00)		<b>IMPORTANT NOTICE</b>	
Applicant's or agent's file reference FH990401PCT			
International application No. PCT/EP99/02752	International filing date (day/month/year) 15 April 1999 (15.04.99)	Priority date (day/month/year) 18 August 1998 (18.08.98)	
Applicant FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. et al			

1. Notice is hereby given that the International Bureau has communicated, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this Notice:  
EP,JP,US

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present Notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:  
CA

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this Notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on 02 March 2000 (02.03.00) under No. WO 00/11844

### REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a demand for international preliminary examination must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

### REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))

If the applicant wishes to proceed with the international application in the national phase, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and Volume II of the PCT Applicant's Guide.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Authorized officer J. Zahra Telephone No. (41-22) 338.83.38
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INFORMATION CONCERNING ELECTED  
OFFICES NOTIFIED OF THEIR ELECTION

(PCT Rule 61.3)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

SCHOPPE, Fritz  
 Schoppe, Zimmermann & Stöckeler  
 Postfach 71 08 67  
 D-81458 München  
 ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 02 March 2000 (02.03.00)		
Applicant's or agent's file reference FH990401PCT		IMPORTANT INFORMATION
International application No. PCT/EP99/02752	International filing date (day/month/year) 15 April 1999 (15.04.99)	
		Priority date (day/month/year) 18 August 1998 (18.08.98)
Applicant FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. et al		

1. The applicant is hereby informed that the International Bureau has, according to Article 31(7), notified each of the following Offices of its election:

EP : AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE  
 National : CA, JP, US

2. The following Offices have waived the requirement for the notification of their election; the notification will be sent to them by the International Bureau only upon their request:

None

3. The applicant is reminded that he must enter the "national phase" before the expiration of 30 months from the priority date before each of the Offices listed above. This must be done by paying the national fee(s) and furnishing, if prescribed, a translation of the international application (Article 39(1)(a)), as well as, where applicable, by furnishing a translation of any annexes of the international preliminary examination report (Article 36(3)(b) and Rule 74.1).

Some offices have fixed time limits expiring later than the above-mentioned time limit. For detailed information about the applicable time limits and the acts to be performed upon entry into the national phase before a particular Office, see Volume II of the PCT Applicant's Guide.

The entry into the European regional phase is postponed until 31 months from the priority date for all States designated for the purposes of obtaining a European patent.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland  Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Authorized officer:  J. Zahra  Telephone No. (41-22) 338.83.38
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF THE RECORDING  
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and  
Administrative Instructions, Section 422)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

SCHOPPE, Fritz  
Schoppe, Zimmermann & Stöckeler  
Postfach 71 08 67  
D-81458 München  
ALLEMAGNE

EINGEGANGEN

14. FEB. 2000

Date of mailing (day/month/year) 08 February 2000 (08.02.00)	
Applicant's or agent's file reference FH990401PCT	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/EP99/02752	International filing date (day/month/year) 15 April 1999 (15.04.99)

## 1. The following indications appeared on record concerning:

☐ the applicant    ☐ the inventor    ☒ the agent    ☐ the common representative

Name and Address SCHOPPE, Fritz Schoppe & Zimmermann Postfach 71 08 67 D-81458 München Germany	State of Nationality	State of Residence
	Telephone No. 089/7904450	
	Facsimile No. 089/7902215	
	Teleprinter No.	

## 2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☐ the person    ☒ the name    ☐ the address    ☐ the nationality    ☐ the residence

Name and Address SCHOPPE, Fritz Schoppe, Zimmermann & Stöckeler Postfach 71 08 67 D-81458 München Germany	State of Nationality	State of Residence
	Telephone No. 089/7904450	
	Facsimile No. 089/7902215	
	Teleprinter No.	

3. Further observations, if necessary:  
The indication of a new address of the agent on the demand (Form PCT/IPEA/401) has been considered a request for recording a change under Rule 92bis. In case of disagreement, the International Bureau should be notified immediately.

## 4. A copy of this notification has been sent to:

<input checked="" type="checkbox"/> the receiving Office	<input type="checkbox"/> the designated Offices concerned
<input type="checkbox"/> the International Searching Authority	<input checked="" type="checkbox"/> the elected Offices concerned
<input checked="" type="checkbox"/> the International Preliminary Examining Authority	<input type="checkbox"/> other:

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer F. Baechler Telephone No.: (41-22) 838.83.38
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

Absender: MIT DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN  
PRÜFUNG BEAUFTRAGTE BEHÖRDE

An:

Schoppe, Fritz  
SCHOPPE, ZIMMERMANN & STÖCKELER  
Postfach 71 08 67  
81458 München  
ALLEMAGNE

13. NOV. 2000

## PCT

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERSENDUNG  
DES INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN  
PRÜFUNGSBERICHTS  
(Regel 71.1 PCT)

Absendedatum  
(Tag/Monat/Jahr) 10.11.2000

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts

FH990401PCT

WICHTIGE MITTEILUNG

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP99/02752

Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)  
15/04/1999

Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)  
18/08/1998

Anmelder

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER ...

1. Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß ihm die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde hiernit den zu der internationalen Anmeldung erstellten internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen, übermittelt.
2. Eine Kopie des Berichts wird - gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen - dem Internationalen Büro zur Weiterleitung an alle ausgewählten Ämter übermittelt.
3. Auf Wunsch eines ausgewählten Amtes wird das Internationale Büro eine Übersetzung des Berichts (jedoch nicht der Anlagen) ins Englische anfertigen und diesem Amt übermitteln.

#### 4. ERINNERUNG

Zum Eintritt in die nationale Phase hat der Anmelder vor jedem ausgewählten Amt innerhalb von 30 Monaten ab dem Prioritätsdatum (oder in manchen Ämtern noch später) bestimmte Handlungen (Einreichung von Übersetzungen und Entrichtung nationaler Gebühren) vorzunehmen (Artikel 39 (1)) (siehe auch die durch das Internationale Büro im Formblatt PCT/IB/301 übermittelte Information).

Ist einem ausgewählten Amt eine Übersetzung der internationalen Anmeldung zu übermitteln, so muß diese Übersetzung auch Übersetzungen aller Anlagen zum internationalen vorläufigen Prüfungsbericht enthalten. Es ist Aufgabe des Anmelders, solche Übersetzungen anzufertigen und den betroffenen ausgewählten Ämtern direkt zuzuleiten.

Weitere Einzelheiten zu den maßgebenden Fristen und Erfordernissen der ausgewählten Ämter sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung  
beauftragten Behörde



Europäisches Patentamt  
D-80298 München  
Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d  
Fax: +49 89 2399 - 4465

Bevollmächtigter Bediensteter

Sülberg, A

Tel. +49 89 2399-7548



# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)



Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts FH990401PCT	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsbericht (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP99/02752	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 15/04/1999	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 18/08/1998
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H04L27/26		
Anmelder FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER ...		

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
- ☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 18 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  23/12/1999	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  10.11.2000
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Pajatakis, E  Tel. Nr. +49 89 2399 8898 

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP99/02752

## I. Grundlage des Berichts

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):

**Beschreibung, Seiten:**

1-3,5,7-12,                      ursprüngliche Fassung  
14-35

4,4a-4b,6,13                      eingegangen am                      25/07/2000    mit Schreiben vom    25/07/2000

**Patentansprüche, Nr.:**

1-37                      eingegangen am                      23/12/1999    mit Schreiben vom    23/12/1999

**Zeichnungen, Blätter:**

1/6-6/6                      ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen Behörde in der Sprache: , zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, dass das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, dass die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP99/02752

Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung,      Seiten:
- ☐ Ansprüche,      Nr.:
- ☐ Zeichnungen,      Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-37
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-37
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-37
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen  
siehe Beiblatt

**Zu Punkt V**

**Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

1. Der Gegenstand des Anspruchs 1 ist neu und erfinderisch (Artikel 33(2)(3)):
  - 1.1 Der Anspruch 1 betrifft ein Verfahren zum Senden von Informationssymbolen mit einer Mehrzahl von Trägern. Dabei werden aus dem Informationssymbol Sendesymbole erzeugt und zeitversetzt übertragen.

Derartige Time-Diversity Verfahren sind allgemein bekannt, wie z.B. aus **US-A-3 665 395** oder **DE A 195 32 959**.

- 1.2 Der Gegenstand des Anspruchs 1 geht über den Stand der Technik hinaus indem eine Konstellationsvergrößerung eingeführt wird (Mapping-Diversity). Dabei werden aus jedem Informationssymbol zwei Sendesymbole erzeugt, die diesem Informationssymbol eindeutig zugeordnet sind. Die Sendesymbole sind voneinander und von den Informationssymbolen unterschiedlich.
  - 1.3 Ein derartiges Vorgehen wird durch den Stand der Technik nicht nahegelegt.

Gemäß **US-A-3 665 395** und **DE A 195 32 959** sind die zeitversetzt übertragene Signale identisch aufgebaut. Eine Konstellationsvergrößerung findet nicht statt.

**EP-A-0 572 171** offenbart ein Diversity Verfahren wobei Kopien des gleichen Informationssymbols unterschiedlich variiert werden. Dabei handelt es sich nicht um eine Konstellationsvergrößerung, weil es keine eindeutige Zuordnung zwischen Informations- und Sendesymbol stattfindet. Die Kopien des Informationssymbols werden lediglich mit unterschiedlichen Kodierungsfunktionen gewichtet und können deshalb alle mögliche Werte annehmen. Ferner werden die kodierten Kopien zeitgleich und nicht zeitversetzt übertragen.

Ebenso findet in **US-A-4 606 047** keine Erweiterung der Konstellation statt. Die zu übertragenden Zeichen können nur zwei Werte annehmen (0 oder 1). Bei der



Übertragung eines Wertes wird zeitgleich der komplementäre Wert über einen zweiten Kanal übertragen. D.h. es wird die gleiche Konstellation benutzt.

**GB-A-2 291 314** ist weniger relevant, weil kein Diversity-Verfahren offenbart wird. Sämtliche Information werden nur einmal übertragen.

2. Die obengenannte Feststellung betrifft auch die Ansprüche 2, 11, 20 und 30, die dem Anspruch 1 entsprechen.
3. Die abhängigen Ansprüche betreffen spezielle Ausführungen des Gegenstands der obengenannten unabhängigen Ansprüche und sind demnach ebenso neu und erfinderisch.

- 4 -

wegekanäle (nahezu) vollständig ausgelöscht werden können. Die Informationen, die über diese Träger übertragen werden, stehen somit am Empfänger nicht mehr zur Verfügung und können, wenn überhaupt, nur noch durch eine leistungsfähige Kanalcodierung wiedergewonnen werden.

Störungen des nicht idealen Übertragungskanals können beispielsweise in einem zusätzlichen Gauß'schen weißen Rauschen (AWGN; AWGN = Additive White Gaussian Noise), einer zeitabhängigen erhöhten Dämpfung des Übertragungskanals beispielsweise während des Fahrens im "Schatten" eines Hochhauses, einem frequenzselektiven Übertragungskanal, d. h. bestimmte Frequenzen werden stärker gedämpft als andere Frequenzen, oder (meistens) in einer Kombination der genannten Phänomene bestehen. Weiterhin finden aufgrund der üblicherweise stark inhomogenen Topologie des Übertragungskanals, d. h. viele Bauwerke in einer Stadt, Reflexionen statt, die bei entsprechenden Laufzeitverhältnissen, wie es bereits erwähnt wurde, zu konstruktiven aber auch destruktiven Interferenzen führen werden. Diese Situation verschärft sich noch dadurch, daß zusätzlich zu dem Mehrwegeempfang, der aufgrund der unterschiedlichen Übertragungswege vorhanden ist, in einem SFN-System systembedingt Signale von anderen Sendern empfangen werden, die synchron zu einem bezüglich des Empfängers dominierenden Sender senden. Signale solcher Nebensender werden längere Laufzeiten zum Empfänger haben, ihre Amplituden können jedoch aufgrund konstruktiver Interferenzen durchaus in den Bereich der Empfangsamplitude vom dominierenden Sender kommen, besonders wenn derselbe seinerseits durch eine destruktive Interferenz stark gedämpft ist.

~~Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Konzept für einen digitalen Rundfunk zu schaffen, das eine fehlersichere Übertragung ermöglicht, selbst wenn der Übertragungskanal gestört ist.~~

→ Seite 4a

- 4a -

Das US-Patent Nr. 4,606,047 bezieht sich auf ein HF-Kommunikationsmodem, das sowohl Frequenz- als auch Zeit-Diversity verwendet, um Übertragungsprobleme aufgrund von Rauschen, Mehrwegausbreitungen, usw. zu überwinden. Ein digital codiertes Signal wird aufeinanderfolgend in fünf komplementären Zwei-Ton-Kanälen übertragen, wobei immer der erste Ton eines Kanals, d.h. der erste Träger eines Kanals, das aktuell zu sendende Bit trägt, während der zweite Ton des Kanals den komplementären Zustand des ersten Kanals überträgt. In jedem Kanal werden das Sendebit sowie das dazu komplementäre Bit gleichzeitig übertragen, wobei die Übertragung in den fünf Kanälen zeitversetzt stattfindet.

Die EP 0 572 171 A1 bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Liefern von Zeit-Diversity für Kanäle, die einem Mehrwegschwund unterliegen. Ein digitales Signal wird kanalcodiert, um eines oder mehrere Symbole zu erzeugen. Hierauf wird eine Mehrzahl von Symbolkopien hergestellt, wobei jede Kopie durch eine festgelegte zeitlich variierende Funktion gewichtet wird. Die gewichteten Symbolkopien werden dann jeweils von unterschiedlichen Sendeschaltungen verarbeitet und von mit denselben verbundenen Antennen übertragen. Die Gewichtung der Symbole mittels der festgelegten zeitlich variierenden Funktion umfaßt eine Veränderung der Amplitudenverstärkung, der Phasenverschiebung oder sowohl der Amplitudenverstärkung als auch der Phasenverschiebung. Die gewichteten Kopien eines Symbols werden gleichzeitig übertragen. Sog. "Deep Fades" werden dadurch überwunden, daß durch die Gewichtung mit dem zeitlich variierenden Signal andere Phasen/Amplituden-Verhältnisse eingeführt werden, die zwar ebenso zu einer destruktiven Interferenz führen können, die aufgrund der Gewichtung auftritt, die jedoch die beiden interferierenden Signale derart verändert, daß die "Deep Fades" nicht mehr "statisch" sind, sondern lediglich während eines bestimmten Teils der zeitlich variierenden Gewichtungsfunktionen auftreten.

→ Seite 4b

- 4b -

~~wegekänäle (nahezu) vollständig ausgelöscht werden können.~~  
Die Informationen, die über diese Träger übertragen werden, stehen somit am Empfänger nicht mehr zur Verfügung und können, wenn überhaupt, nur noch durch eine leistungsfähige Kanalcodierung wiedergewonnen werden.

Störungen des nicht idealen Übertragungskanals können beispielsweise in einem zusätzlichen Gauß'schen weißen Rauschen (AWGN; AWGN = Additive White Gaussian Noise), einer zeitabhängigen erhöhten Dämpfung des Übertragungskanals beispielsweise während des Fahrens im "Schatten" eines Hochhauses, einem frequenzselektiven Übertragungskanal, d. h. bestimmte Frequenzen werden stärker gedämpft als andere Frequenzen, oder (meistens) in einer Kombination der genannten Phänomene bestehen. Weiterhin finden aufgrund der üblicherweise stark inhomogenen Topologie des Übertragungskanals, d. h. viele Bauwerke in einer Stadt, Reflexionen statt, die bei entsprechenden Laufzeitverhältnissen, wie es bereits erwähnt wurde, zu konstruktiven aber auch destruktiven Interferenzen führen werden. Diese Situation verschärft sich noch dadurch, daß zusätzlich zu dem Mehrwegeempfang, der aufgrund der unterschiedlichen Übertragungswege vorhanden ist, in einem SFN-System systembedingt Signale von anderen Sendern empfangen werden, die synchron zu einem bezüglich des Empfängers dominierenden Sender senden. Signale solcher Nebensender werden längere Laufzeiten zum Empfänger haben, ihre Amplituden können jedoch aufgrund konstruktiver Interferenzen durchaus in den Bereich der Empfangsamplitude vom dominierenden Sender kommen, besonders wenn derselbe seinerseits durch eine destruktive Interferenz stark gedämpft ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Konzept für einen digitalen Rundfunk zu schaffen, das eine fehlersichere Übertragung ermöglicht, selbst wenn der Übertragungskanal gestört ist.

→ Seite 5

führt eine Vergrößerung der Signalkonstellation gemäß der vorliegenden Erfindung zu einer Gewichtung der Amplitude eines Zeigers, d. h. daß ein erstes Sendesymbol, das auf einem Informationssymbol basiert, eine erste Amplitude hat, während ein zweites Sendesymbol, das auf demselben Informationssymbol basiert, jedoch zu einem späteren Zeitpunkt gesendet wird, eine andere Amplitude hat. Erfindungsgemäß werden daher Informationen nicht nur zweimal gesendet, sondern auch mittels unterschiedlicher Informationssymbole, die in der vergrößerten Signalkonstellation liegen, wobei im Unterschied der Sendesymbole jedoch keine Nutzinformation codiert ist, weshalb die Bitbandbreite des Systems durch dieses Verfahren nicht erhöht wird.

Erfindungsgemäß kann ein Empfänger, der ebenfalls die vergrößerte Signalkonstellation kennt, aufgrund der beiden zu unterschiedlichen Zeitpunkten empfangenen Sendesymbole, die sich auf dasselbe Informationssymbol beziehen, und aufgrund der Unterschiedlichkeit der empfangenen Sendesymbole mittels einer Kanaldecodierung zuverlässig die gesendeten Informationssymbole wiedergewinnen.

Die bevorzugte Modulationsart ist die Differenzphasenumtastung, die prinzipiell mit einer beliebigen Anzahl von Phasenzuständen implementiert sein kann (DMPSK), die jedoch bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel als DQPSK, d. h. mit vier Phasenzuständen oder Phasenzeigerstellungen, implementiert ist. Für einen kohärenten Empfang wird bei jedem empfangenen Informationssymbol die Phase <sup>geschätzt</sup> ~~geschätzt~~. Die Differenz-Decodierung, d. h. das Bilden der Phasendifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden empfangenen Sendesymbolen, kann dann durch einen einfachen Subtrahiervorgang durchgeführt werden. Nachteilig an diesem Konzept ist der erhöhte Hardwareaufwand für die Phasenschätzung. Vorteilhaft ist jedoch ein hoher Empfangsgewinn.

richtung 52 zum Gruppieren von Bits, um Informationssymbole  $b(1)$   $b(0)$  zu erzeugen. Die Gruppierung von zwei Bit  $b(1)$   $b(0)$  führt dazu, die vier Phasenzustände des Signalkonstellationsdiagramm, das in Fig. 3 gezeigt ist, darstellen zu können. Die Einrichtung zum Gruppieren von Bits, um Informationssymbole zu erzeugen, wird auch als "erster Mapper" bezeichnet. Dem ersten Mapper 52 nachgeschaltet findet sich ein zweiter Mapper 54, der die erfindungsgemäße Erweiterung der Signalkonstellation zu einer erweiterten Signalkonstellation, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, durchführt. Selbstverständlich könnte der zweite "Mapper" auch die erweiterte Signalkonstellation implementieren, die in Fig. 2 dargestellt ist. Der zweite Mapper 54 stellt also eine Einrichtung zum Gewichten der von der Einrichtung 52 zum Gruppieren erzeugten Informationssymbole dar. Die beiden Einrichtungen 52 und 54 bilden somit zusammen eine Einrichtung zum Erzeugen eines ersten und eines zweiten Sendesymbols aufgrund eines einzigen Informationssymbols, wobei sich das erste und das zweite Sendesymbol voneinander unterscheiden. ~~Das erste Sendesymbol könnte hierbei ein "unbehandeltes" Informationssymbol, das einfach durch die Einrichtung 54 durchgeschaltet wird, sein, während das zweite Sendesymbol ein "behandeltes" Informationssymbol sein könnte, das bei einem Ausführungsbeispiel in seiner Amplitude gewichtet ist. Alternativ können beide Informationssymbole~~ <sup>Beide</sup> durch die Gewichtungseinrichtung 54 gewichtet <sup>werden</sup> und zwar mit zwei unterschiedlichen Faktoren  $c(i)$ . Am Ausgang der Einrichtung zum Gewichten 54 liegen somit zu unterschiedlichen Zeitpunkten unterschiedliche Sendesymbole an, die sich jedoch auf dasselbe Informationssymbol  $b(1)$   $b(0)$  beziehen.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird dann eine Differenzcodierung zweier zeitlich benachbarter Sendesymbole durchgeführt, wie sie bereits bezugnehmend auf Fig. 4 beschrieben wurde. Es ist jedoch offensichtlich, daß das erfindungsgemäße Verfahren zum Senden ebenso wie das erfindungsgemäße Verfahren zum Empfangen auch

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Senden von Informationssymbolen mit einer Mehrzahl von Trägern mit folgenden Schritten:

Erzeugen (52, 54) eines ersten Sendesymbols aus einem Informationssymbol;

Erzeugen (52, 54) eines zweiten Sendesymbols aus dem gleichen Informationssymbol, wobei sich das zweite Sendesymbol von dem ersten Sendesymbol unterscheidet, wobei aus jedem Informationssymbol mindestens zwei voneinander unterschiedliche Sendesymbole erzeugbar sind, die diesem Informationssymbol eindeutig zugeordnet sind, und wobei sich alle Sendesymbole, die aus den einzelnen Informationssymbolen erzeugbar sind, voneinander und von den Informationssymbolen unterscheiden;

Modulieren (56) des ersten Sendesymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem ersten Sendesymbol modulierten Trägers zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ); und

Modulieren des zweiten Sendesymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem zweiten Sendesymbol modulierten Trägers zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), wobei der zweite Zeitpunkt zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt liegt.

2. Verfahren zum Senden von Informationssymbolen mit einer Mehrzahl von Trägern, mit folgenden Merkmalen:

Erzeugen (52, 54) eines ersten Sendesymbols aus einem Informationssymbol;

Erzeugen (52, 54) eines zweiten Sendesymbols aus dem gleichen Informationssymbol, wobei sich das zweite Sendesymbol von dem ersten Sendesymbol unterscheidet, wobei aus jedem Informationssymbol mindestens zwei voneinander unterschiedliche Sendesymbole erzeugbar sind, die diesem Informationssymbol eindeutig zugeordnet sind, und wobei sich alle Sendesymbole, die aus den einzelnen Informationssymbolen erzeugbar sind, voneinander und von den Informationssymbolen unterscheiden;

Erzeugen (10, 12, 14) einer Differenz zwischen dem ersten Sendesymbol und einem demselben zeitlich vorausgehenden Sendesymbol, um ein erstes Differenzsymbol zu erhalten;

Erzeugen (10, 12, 14) einer Differenz zwischen dem zweiten Sendesymbol und einem demselben zeitlich vorausgehenden Sendesymbol, um ein zweites Differenzsymbol zu erhalten;

Modulieren (56) des ersten Differenzsymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem ersten Differenzsymbol modulierten Trägers zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ); und

Modulieren des zweiten Differenzsymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem zweiten Differenzsymbol modulierten Trägers zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), wobei der zweite Zeitpunkt zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem sich der mit dem ersten Sendesymbol bzw. Differenzsymbol modulierte Träger von dem mit dem zweiten Sendesymbol bzw. Differenzsymbol modulierten Träger unterscheidet.



4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Zeitspanne zwischen dem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ) und dem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ) derart lang ist, daß Übertragungen der mit den beiden Sendesymbolen bzw. Differenzsymbolen modulierten Träger über einen Übertragungskanal statistisch voneinander unabhängig sind.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das erste Sendesymbol einen einer vordefinierten Anzahl von Phasenzuständen in der komplexen Ebene einnehmen kann, und  
  
bei dem das zweite Sendesymbol den gleichen Phasenzustand in der komplexen Ebene wie das erste Sendesymbol einnimmt, aber einen unterschiedlichen Amplitudenzustand aufweist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
  
bei dem das erste Sendesymbol einen einer vordefinierten Anzahl von Phasenzuständen in der komplexen Ebene einnehmen kann, und  
  
bei dem das zweite Sendesymbol einen anderen Phasenzustand der komplexen Ebene wie das erste Sendesymbol einnimmt.
7. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem neben dem ersten und dem zweiten Sendesymbol zwei weitere Sendesymbole zu unterschiedlichen Zeitpunkten übertragen werden, die den gleichen Phasenzustand aus einer Anzahl von vier Phasenzuständen in der komplexen Ebene aber zueinander unterschiedliche Amplituden aus jeweils vier vorgegebenen Amplituden haben.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem vor dem Schritt des Modulierens (56) eine Phasenzuweisung (16) zu einem binären Symbol ausgeführt wird, und bei dem der Schritt des Modulierens (56) den Schritt des inversen Frequenztransformierens der Mehrzahl von phasenumgetasteten Träger in den komplexen Zeitbereich umfaßt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem N verschiedene Träger, N Informationssymbole, N erste Sendesymbole und N zweite Sendesymbole vorhanden sind, bei dem ein Mehrträgermodulations-Symbol (MCM-Symbol) das Resultat einer inversen Fouriertransformation der mit den Sendesymbolen bzw. Differenzsymbolen beaufschlagten N Träger umfaßt, und  
  
bei dem ein MCM-Frame eine Mehrzahl von MCM-Symbolen aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die N zweiten Sendesymbole, die den N Informationssymbolen entsprechen, zeitlich über mehrere MCM-Frames verteilt sind.
11. Verfahren zum Empfangen von Informationssymbolen, die mittels einer Mehrzahl von Trägern übertragen werden, wobei ein Informationssymbol durch ein erstes und ein zweites unterschiedliches Sendesymbol dargestellt ist, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten empfangen werden, wobei jedes Informationssymbol durch mindestens zwei voneinander unterschiedliche Sendesymbole darstellbar ist, die diesem Informationssymbol eindeutig zugeordnet sind, und wobei sich alle Sendesymbole, die die einzelnen Informationssymbolen darstellen können, voneinander und von den In-

formationssymbolen unterscheiden, mit folgenden Schritten:

Demodulieren (84) eines ersten Trägers, um ein erstes empfangenes Sendesymbol zu erhalten, zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ );

Speichern (98) des ersten empfangenen Sendesymbols bzw. von Informationen, die auf das erste empfangene Sendesymbol hinweisen;

Demodulieren (84) eines weiteren Trägers zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), um ein zweites empfangenes Sendesymbol zu erhalten; und

Verwenden des gespeicherten ersten empfangenen Sendesymbols bzw. der Informationen, die auf das erste empfangene Sendesymbol hinweisen, und des zweiten empfangenen Sendesymbols, um das Informationssymbol, das beiden empfangenen Sendesymbolen zugrunde liegt, zu ermitteln, indem festgestellt wird, welchem Informationssymbol der Informationssymbole das erste empfangene Sendesymbol und das vom ersten empfangenen Sendesymbol unterschiedliche zweite empfangene Sendesymbol zugeordnet sind.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem der eine Träger und der weitere Träger voneinander unterschiedlich sind.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, bei dem die Sendesymbole Differenz-codiert sind, wobei ein Informationssymbol durch eine Differenz zweier zeitlich benachbarter Sendesymbole dargestellt ist, das ferner folgende Schritte aufweist:

Schätzen (86) der Phasen des ersten empfangenen Sendesymbols und eines dem ersten empfangenen Sendesymbol zeitlich vorausgehenden empfangenen Sendesymbols;

Bilden der Differenz der geschätzten Phasen, um eine erste empfangene Phasendifferenz zu erhalten, die auf das Informationssymbol hinweist;

Durchführen der Schritte des Schätzens und des Bildens der Differenz für das zweite empfangene Sendesymbol, um eine zweite empfangene Phasendifferenz zu erhalten, die auf das gleiche Informationssymbol hinweist;

Durchführen einer weichen Entscheidung aufgrund sowohl der ersten als auch der zweiten empfangenen Phasendifferenz, um einen ersten und einen zweiten Wert für das Informationssymbol zu erhalten; und

Bestimmen des Informationssymbols aus dem ersten und/oder zweiten Wert.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem statt des Schritts des Durchführens einer weichen Entscheidung folgender Schritt durchgeführt wird:

Durchführen einer harten Entscheidung aufgrund sowohl der ersten als auch der zweiten empfangenen Phasendifferenz, um einen ersten und zweiten Wert für das Informationssymbol zu erhalten.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, bei dem im Schritt des Bestimmens der Wert stärker berücksichtigt wird, bei dem die Amplituden seiner zugrunde liegenden empfangenen

Sendesymbole, aus denen die Phasendifferenz bestimmt wurde, näher an einer vorbestimmten Schwelle lagen.

16. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, bei dem die Sendesymbole Differenz-codiert sind, wobei ein Informationssymbol durch eine Differenz zweier zeitlich benachbarter Sendesymbole dargestellt ist, das ferner folgende Schritte aufweist:

Multiplizieren eines ersten Empfangssymbols mit dem konjugiert komplexen Wert eines zeitlich vorausgehenden Empfangssymbols;

Multiplizieren eines zweiten Empfangssymbols mit dem konjugiert komplexen Wert seines zeitlich vorausgehenden Empfangssymbols;

Berechnen der Log-Likelihood-Ratios für jedes der Multiplikationsergebnisse; und

Bestimmen des Informationssymbols aus den ersten und zweiten Log-Likelihood-Ratios.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem im Schritt des Bestimmens die Log-Likelihood-Ratios stärker berücksichtigt werden, deren zugrunde liegendes Multiplikationsergebnis einen höheren Betrag hatte.
18. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem im Schritt des Bestimmens die Log-Likelihood-Ratios beider Multiplikationsergebnisse addiert werden, um für jedes Bit des Informationssymbols ein Log-Likelihood-Ratio zu erhalten.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, bei dem die Log-Likelihood-Ratios für die Bits des Informationssymbols einem Viterbi-Decodieralgorithmus zugeführt werden, um die Bits des Informationssymbols im Empfänger zu bestimmen.
20. Vorrichtung zum Senden von Informationssymbolen mittels einer Mehrzahl von Trägern, mit folgenden Merkmalen:
- einer Einrichtung (52, 54) zum Erzeugen eines ersten und eines zweiten Sendesymbols aufgrund eines einzigen Informationssymbols, wobei sich das erste und das zweite Sendesymbol voneinander unterscheiden, wobei aus jedem Informationssymbol mindestens zwei voneinander unterschiedliche Sendesymbole erzeugbar sind, die diesem Informationssymbol eindeutig zugeordnet sind, und wobei sich alle Sendesymbole, die aus den einzelnen Informationssymbolen erzeugbar sind, voneinander und von den Informationssymbolen unterscheiden;
- einer Einrichtung (56) zum Modulieren des ersten und des zweiten Sendesymbols auf einen ersten und einen zweiten Träger; und
- einer Einrichtung (62) zum Senden des modulierten ersten Sendesymbols zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ) und des modulierten zweiten Sendesymbols zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), wobei der zweite Zeitpunkt zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt liegt.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, bei dem der erste Träger und der zweite Träger voneinander unterschiedlich sind.

22. Vorrichtung nach Anspruch 20 oder 21, bei dem die Einrichtung (52, 54) zum Erzeugen ferner folgende Merkmale aufweist:
- eine Gruppierungseinrichtung (52) zum Gruppieren einer Mehrzahl von Bits, um ein Informationssymbol zu bilden; und
- eine Änderungseinrichtung (54) zum Ändern des ersten und/oder zweiten Sendesymbols unabhängig von einer Information, die durch das Informationssymbol repräsentiert ist.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 22, bei der die Einrichtung (52, 54) zum Erzeugen mehr als zwei Sendesymbole erzeugt, die sich untereinander unterscheiden; und
- bei der die Einrichtung (56) zum Modulieren mehr als zwei Sendesymbole auf jeweilige Träger moduliert; und
- bei der die Einrichtung (62) zum Senden die mehr als zwei Sendesymbole zu jeweils unterschiedlichen Zeitpunkten sendet.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 23, die ferner folgende Merkmale aufweist:
- eine Differenz-Codiereinrichtung (10, 12, 14) zum Erzeugen von Differenzsymbolen zwischen den Sendesymbolen und den jeweils zeitlich vorausgehenden Sendesymbolen.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 24, die ferner folgende Merkmale aufweisen:

eine Einrichtung (16) zum Zuordnen der zu modulierenden Symbole zu einem Phasenwert aus einer vordefinierten Anzahl (M) von Phasenwerten.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 25, bei der die Einrichtung (56) zum Modulieren eine inverse schnelle Fouriertransformation zum parallelen Modulieren einer Vielzahl von Sendesymbolen bzw. Differenzsymbolen auf die Vielzahl von Trägern umfaßt, um ein MCM-Symbol zu erzeugen.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 26, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Kanalcodiereinrichtung (50) zum Faltungscodieren von Informationswörtern, um Bits für die Informationssymbole zu erzeugen.

28. Vorrichtung nach Anspruch 26 oder 27, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (58) zum Einfügen eines Schutzintervalls zwischen zwei MCM-Symbole; und

eine Einrichtung (60) zum Einfügen einer Synchronisationssequenz, um einen MCM-Frame zu bilden.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (62) zum Modulieren eines MCM-Frames auf einen HF-Träger; und



eine Antenne (62) zum Senden des modulierten HF-Trägers.

30. Vorrichtung zum Empfangen von Informationssymbolen, die mittels einer Mehrzahl von Trägern übertragen werden, wobei ein Informationssymbol durch ein erstes und ein zweites unterschiedliches Sendesymbol, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten empfangen werden, dargestellt ist, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung (84) zum Demodulieren der modulierten Träger zu jeweiligen Zeitpunkten ( $k_1$ ,  $k_2$ ), um ein erstes und ein zweites empfangenes Sendesymbol zu erhalten; und

einer Einrichtung (90, 96; 96, 100) zum Verwenden der beiden empfangenen Sendesymbole, um das Informationssymbol, das den beiden empfangenen Sendesymbolen zugrunde liegt, zu ermitteln, indem festgestellt wird, welchem Informationssymbol der Informationssymbole das erste empfangene Sendesymbol und das vom ersten empfangenen Sendesymbol unterschiedliche zweite empfangene Sendesymbol zugeordnet sind.

31. Vorrichtung nach Anspruch 30, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Differenz-Decodiereinrichtung (88, 90; 90, 92, 94) zum Bilden einer Phasendifferenz zwischen zwei zeitlich aufeinanderfolgende demodulierten empfangenen Sendesymbolen.

32. Vorrichtung nach Anspruch 31, bei der die Differenz-Decodiereinrichtung (90, 92, 94) eine Multiplikationseinrichtung (92), eine Verzögerungseinrichtung (90) und eine

Einrichtung (94) zum Bilden eines konjugiert komplexen Wertes aufweist.

33. Vorrichtung nach Anspruch 31, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (96a, 96b) zum Berechnen der Log-Likelihood-Ratios für die Multiplikationsergebnisse; und

eine Einrichtung (100) zum Kombinieren der Log-Likelihood-Ratios der Multiplikationsergebnisse, die sich auf die beiden empfangenen Sendesymbole beziehen, um das Informationssymbol zu erhalten.

34. Vorrichtung nach Anspruch 33, bei der die Einrichtung zum Kombinieren (100) angeordnet ist, um die Log-Likelihood-Ratios, die sich auf das erste und das zweite empfangene Sendesymbol beziehen, zu addieren, wobei die Vorrichtung ferner folgendes Merkmal aufweist:

eine Kanaldecodiereinrichtung (90), die einen Viterbi-Decodierer umfaßt.

35. Vorrichtung nach Anspruch 30, bei der ein Informationssymbol durch eine Differenz zwischen dem ersten Symbol und dem zeitlich vorausgehenden Sendesymbol sowie durch eine Differenz zwischen dem zweiten Sendesymbol und dem zeitlich vorausgehenden Sendesymbol übertragen wird, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (86) zum Schätzen der Phase jedes empfangenen Sendesymbols; und

eine Einrichtung (88, 90) zum Bilden der Differenz zwischen der Phase des empfangenen Sendesymbols und der Phase des zeitlich vorausgehenden empfangenen Sendesymbols, um einen empfangenen Phasendifferenzwert für jedes Sendesymbol zu erhalten.

36. Vorrichtung nach Anspruch 35, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (90) um Erhalten des Informationssymbols durch weiche Entscheidung aufgrund des empfangenen Phasendifferenzwerts mittels eines Viterbi-Algorithmus.

37. Vorrichtung nach Anspruch 35, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Schwellenentscheidungseinrichtung zum Erhalten des Informationssymbols zum Vergleichen der empfangenen Phasendifferenzwerte für das erste und das zweite empfangene Sendesymbol mit einer harten Schwelle; und

eine Einrichtung zum Kombinieren der Ergebnisse der Schwellenentscheidungseinrichtung für das erste und das zweite empfangene Sendesymbol, um das Informationssymbol zu erhalten.

National Phase of PCT/EP99/02752 in U.S.A.

Title: Method and Device for Transmitting Information  
Symbols Using a Plurality of Carriers and Method and  
Device for Receiving Information Symbols

Applicants: BADRI, EBERLEIN, BUCHHOLZ, LIPP, HEUBERGER,  
GERHAEUSER

---

Translation of PCT Application PCT/EP99/02752  
as originally filed

---

09/763009

Rec'd PCT/PTO 13 FEB 2001

National Phase of PCT/EP99/02752 in U.S.A.

Title: Method and Device for Transmitting Information  
Symbols Using a Plurality of Carriers and Method and  
Device for Receiving Information Symbols

Applicants: BADRI, EBERLEIN, BUCHHOLZ, LIPP, HEUBERGER,  
GERHAEUSER

---

Translation of Amendments under Art. 34 PCT  
as attached to the IPER

---

U.S. Patent No. 4,606,047 relates to a RF communication modem using frequency as well as time diversity for eliminating transmission problems like noise, multiple path transmission etc. A digitally coded signal is sequentially transmitted in five complementary dual tone channels, wherein the first tone of a channel, i. e., the first carrier of a channel carries the actual bit to be transmitted, while the second tone of the channel transmits the complementary state of the first channel. In each channel, the transmit bit and the complementary bit are transmitted simultaneously, wherein the transmission in the five channels takes place in a time staggered manner.

EP 0 572 171 A1 relates to a method and apparatus for providing time diversity for channels, that are affected by multiple path fading. A digital signal is channel-coded to generate one or more symbols. Then, a plurality of symbol copies is made, wherein each copy is weighted by a fixed time-varying function. The weighted symbol copies are processed by means of different transmitting circuits and transmitted by means of antennas connected to respective transmitting circuits. The weighting of the symbols by means of the time-varying function includes changing the amplitude amplification, the phase shift or the amplitude amplification and the phase shift. The weighted copies of a symbol are transmitted simultaneously. So called "deep fades" are overcome by the fact that the weighting using the time-varying signal introduces different phase/amplitude situations. Although, also in this situation, a destructive interference can occur because of the weighting, the interfering signals are changed such that the "deep fades" are no longer "stationary", but only occur during a certain portion of the time-varying weighting functions.

Perinent sentence on German page 6

For coherent reception the phase is [protected] estimated for each information symbol received.

Pertinent text on German page 13

Thus both devices, 52 and 54, together represent one device for generating a first and second transmission symbols based on one single information symbol, wherein the first and second transmission symbols differ from one another. [Here the first transmission symbol could be an "untreated" information symbol, which is simply connected through the device 54, while the second transmission symbol could be a "treated" information symbol, which, in an embodiment, would be weighted with respect to its amplitude. Alternatively, both] Both information symbols [can be] are weighted by the weighting device 54 using two different factors  $c(i)$ . Thus at the output of the device for weighting 54 there are different transmission symbols at different times, but which are related to the same information symbol  $b(1)$   $b(0)$ .



Claims

1. Method for transmitting information symbols using a plurality of carriers, the method comprising the following steps:

generating (52, 54) a first transmission symbol from an information symbol;

generating (52, 54) a second transmission symbol from the same information symbol, the second transmission symbol being different to the first transmission symbol, wherein from each information symbol at least two transmission symbols differing from each other can be generated, these being clearly allocated to this information symbol, and wherein all transmission symbols, which can be generated from the individual transmission symbols differ from each other and from the information symbols;

modulating (56) the first transmission symbol on a carrier, and transmitting (62) the carrier modulated with the first transmission symbol at a first time ( $k_1$ ); and

modulating the second transmission symbol on a carrier, and transmitting (62) the carrier modulated with the second transmission symbol at a second time ( $k_2$ ), the second time being after the first time.

2. Method for transmitting information symbols using a plurality of carriers, comprising the following steps:

generating (52, 54) a first transmission symbol from an information symbol;

generating (52, 54) a second transmission symbol from the same information symbol, the second transmission symbol being different to the first transmission symbol, wherein from each information symbol at least two transmission symbols differing from each other can be generated, these being clearly allocated to this information symbol, and wherein all transmission symbols, which can be generated from the individual transmission symbols differ from each other and from the information symbols;

generating (10, 12, 14) a difference between the first transmission symbol and a transmission symbol preceding the first transmission symbol in time, in order to obtain a first differential symbol;

generating (10, 12, 14) a difference between the second transmission symbol and a transmission symbol preceding the second transmission symbol in time, in order to obtain a second differential symbol;

modulating (56) the first differential symbol on a carrier, and transmitting (62) the carrier modulated with the first differential symbol at the first time ( $k_1$ ); and

modulating the second differential symbol on a carrier, and transmitting (62) the carrier modulated with the second differential symbol at a second time ( $k_2$ ), the second time being after the first time.

3. Method in accordance with claim 1 or 2, in which the carrier modulated with the first transmission symbol or differential symbol differs from the carrier modulated with the second transmission symbol or differential symbol.

4. Method in accordance with one of the preceding claims, in which the period of time between the first time ( $k_1$ ) and the second time ( $k_2$ ) is so long that transmission with the carriers modulated with the two transmission symbols or differential symbols via a transmission channel are statistically independent of one another.
5. Method in accordance with one of the preceding claims, in which the first transmission can take one of a predefined number of phase states in the complex plane, and  
  
in which the second transmission symbol takes the same phase state in the complex plane as the first transmission symbol, but has a different amplitude state.
6. Method in accordance with one of the claims 1 to 4, in which the first transmission symbol can take one of a predefined number of phase states in the complex plane, and  
  
in which the second transmission symbol takes a different phase state in the complex plane with respect to the first transmission symbol.
7. Method in accordance with claim 2, in which, in addition to the first and second transmission symbol, two further transmission symbols are transmitted at different times, the two transmission symbols having the same phase state from a number of four phase states in the complex plane, but having different amplitudes to each other taken from a number of four specified amplitudes.
8. Method in accordance with claim 7, in which phase allocation (16) to a binary symbol is carried out before

the step of modulating (56), and in which the step of modulating (56) includes a step of inverse frequency transforming the plurality of phase shift-keyed carriers into the complex time domain.

9. Method in accordance with one of the preceding claims,

in which N different carriers, N information symbols, N first transmission symbols and N second transmission symbols are present,

in which a multi-carrier modulator symbol (MCM symbol) includes the result of an inverse Fourier transform of the N carriers incorporating the transmission symbols or differential symbols, and

in which an MCM frame exhibits a plurality of MCM symbols.

10. Method in accordance with claim 9, in which the N second transmission symbols corresponding to the N information symbols, are distributed in time over several MCM frames.

11. Method for receiving information symbols transmitted by means of a plurality of carriers, wherein an information symbol is represented by a first transmission symbol and a second different transmission symbol, which are received at different times, wherein from each information symbol at least two transmission symbols differing from each other can be generated, these being clearly allocated to this information symbol, and wherein all transmission symbols, which can be generated from the individual transmission symbols differ from each other and from the information symbols, comprising the following steps:

demodulating (84) a first carrier, in order to obtain the first received transmission symbol at a time ( $k_1$ );

storing (98) the first received transmission symbol, or of information which refers to the first received transmission symbol;

demodulating (84) a further carrier at a second time ( $k_2$ ), in order to obtain a second received transmission symbol, and

using the stored first received transmission symbol or the information which refers to the first received transmission symbol and the second received transmission symbol, in order to determine the information symbol, on which the two received transmission symbols are based, by ascertaining to which information symbol from the information symbols the first received transmission symbol and the second received transmission symbol being different from the first received transmission symbol are allocated.

12. Method in accordance with claim 11, in which both carriers are different to one another.
13. Method in accordance with claim 11 or 12, in which the transmission symbols are differentially coded, one information symbol being represented by the difference between two transmission symbols adjacent to each other in time, which furthermore includes the following steps:

estimating (86) phases of the first received transmission symbol and of one of the received transmission symbols preceding in time the first received transmission symbol;

calculating the difference between the estimated phases, in order to obtain a first received phase difference referring to the information symbol;

conducting the steps of estimating and calculating the difference for the second received transmission symbol, in order to obtain a second received phase difference referring to the same information symbol;

carrying out a soft decision, based both on the first and second received phase differences, in order to obtain a first value and second values for the information symbol; and

determining the information symbol using the first value and/or the second value.

14. Method in accordance with claim 13, in which, instead of the step of carrying out a soft decision, the following step is carried out:

carrying out a hard decision, based both on the first and second received phase difference, in order to obtain a first value and a second value for the information symbol.

15. Method in accordance with claim 13 or 14, in which, in the step of determining, greater consideration is given to the value for which the amplitudes of the transmission symbols, on which its reception is based and from which the phase difference has been determined, are closer to a predetermined threshold.

16. Method in accordance with claim 11 or 12, in which the transmission symbols are differentially coded, wherein one information symbol is represented by the difference

between two transmission symbols adjacent in time, which furthermore includes the following steps:

multiplying a first received symbol by the conjugated complex value of a preceding received symbol;

multiplying a second received symbol by the conjugated complex value of a preceding received symbol;

calculating Log-Likelihood Ratios for each of the multiplication results; and

determining the information symbol from first and second Log-Likelihood Ratios.

17. Method in accordance with claim 16, in which, in the step of determining, the Log-Likelihood Ratios for which the multiplication result on which they are based has a higher magnitude are given more consideration.
18. Method in accordance with claim 16, in which, in the step of determining, the Log-Likelihood Ratios of both multiplication results are added, in order to obtain a Log-Likelihood Ratio for each bit of the information symbol.
19. Method in accordance with one of claims 16 to 18, in which the Log-Likelihood Ratios for the bits of the information symbol are passed to a Viterbi decoding algorithm, in order to determine the bits of the information symbol in the receiver.
20. Apparatus for transmission of information symbols by means of a plurality of carriers, comprising:

means (52, 54) for generating a first and a second transmission symbol, based on a single information symbol, wherein the first and second transmission symbols differ from one another, wherein from each information symbol at least two transmission symbols differing from each other can be generated, these being clearly allocated to this information symbol, and wherein all transmission symbols, which can be generated from the individual transmission symbols differ from each other and from the information symbols;

means (56) for modulating the first and second transmission symbols on a first and second carrier; and

means (62) for transmitting the modulated first transmission symbol at a first time ( $k_1$ ), and the modulated second transmission symbol at a second time ( $k_2$ ), wherein the second time is after the first time.

21. Apparatus in accordance with claim 20 in which the first carrier and the second carrier differ from one another.
22. Apparatus in accordance with claim 20 or 21, in which the device (52, 54) for generating the first and second transmission symbols further comprises:

grouping means (52) for grouping a plurality of bits, in order to form an information symbol; and

modifying means (54) for changing the first and/or second transmission symbol independently of information represented by the information symbol.

23. Apparatus in accordance with one of the claims 20 to 22,



in which the means (52, 54) for generating generates more than two transmission symbols differing from each other,

in which the means for modulating (56) modulates more than two transmission symbols of the respective carriers, and

in which the means for transmitting (62) transmits the more than two transmission symbols, each at different times.

24. Apparatus in accordance with one of claims 20 to 23, which furthermore comprises:

differential coding means (10, 12, 14) for generating differential symbols between the transmission symbols and respective transmission symbols which precede the transmission symbols in time.

25. Apparatus in accordance with claims 20 to 24, which furthermore comprises:

means (16) for allocating the symbols to be modulated to one phase value from a predefined number (M) of phase values.

26. Apparatus in accordance with one of claims 20 to 25,

in which the modulating means (56) include an inverse, Fast Fourier Transform for parallel modulation of a plurality of transmission symbols or differential symbols onto a plurality of carriers, in order to generate an MCM symbol.

27. Apparatus in accordance with one of claims 20 to 26, which furthermore comprises:

channel coding means (50) for convolution coding of information words, in order to generate bits for the information symbols.

28. Apparatus in accordance with claims 26 or 27, which furthermore comprises:

means (58) for inserting a protection interval between the two MCM symbols, and

means (60) for inserting a synchronisation sequence, in order to form an MCM frame.

29. Apparatus in accordance with claim 28, which furthermore comprises:

means (62) for modulating an MCM frame on an RF carrier, and

an aerial (62) for transmitting the modulated RF carrier.

30. Apparatus for the reception of information symbols, which are transmitted by means of a plurality of carriers, wherein an information symbol is represented by a first and a second transmission symbol, each being different from the other, which are received at different times, comprising:

means (84) for demodulating the modulated carriers at respective times ( $k_1$ ,  $k_2$ ), in order to obtain a first and second received transmission symbol, and

means (90, 96; 96, 100) for using the two received transmission symbols, in order to determine the

information symbol on which the two received transmission symbols are based, by ascertaining to which information symbol from the information symbols the first received transmission symbol and the second received transmission symbol being different from the first received transmission symbol are allocated.

31. Apparatus in accordance with claim 30, in which the means for using further comprises:

differential decoding means (88, 90; 90, 92, 94) for forming a phase difference between two successive demodulated received transmission symbols following each other in time.

32. Apparatus in accordance with claim 31, in which the differential decoding means (90, 92, 94) includes multiplication means (92), delaying means (90), and means (94) for forming a conjugated complex value.

33. Apparatus in accordance with claim 31, in which the means for using furthermore comprises:

means (96a, 96b) for calculating the Log-Likelihood Ratios for multiplication results, and

means (100) for combining the Log-Likelihood Ratios for the multiplication results, which relate to the two received transmission symbols, in order to obtain the information symbol.

34. Apparatus in accordance with claim 33, in which the means for combining (100) is arranged so as to add the Log-Likelihood Ratios based on the first and second received

transmission symbols, wherein the apparatus furthermore comprises:

channel decoding means (90), which includes a Viterbi decoder.

35. Apparatus in accordance with claim 30, in which an information symbol is transmitted via a difference between the first symbol and the transmission symbol preceding it in time, and via a difference between the second transmission symbol and the transmission symbol preceding this in time, the apparatus furthermore comprising:

means (86) for estimating the phase of each received transmission symbol, and

means (88, 90) for forming the difference between the phase of the received transmission symbol and the phase of the received transmission symbol before this, in order to obtain a received phase difference value for each transmission symbol.

36. Apparatus in accordance with claim 35, in which the device for using furthermore comprises:

means (90) for obtaining the information symbol via a soft decision, based on the received phase difference value, by means of a Viterbi algorithm.

37. Apparatus in accordance with claim 35, in which the device for using furthermore comprises:

threshold deciding means for obtaining the information symbol for comparing the received phase difference values

for the first and second received transmission symbols,  
with a hard threshold, and

means for combining the results of the threshold deciding  
means for the first and second received transmission  
symbols, in order to obtain the information symbol.

**Method and Apparatus for Transmitting Information Symbols  
Using a Plurality of Carriers and Method and Apparatus for  
Receiving Information Symbols.**

Abstract

In a method and an apparatus for transmitting information symbols using a plurality of carriers, the first transmission symbol is generated from an information symbol (52, 54). Furthermore, a second transmission symbol is generated from the same information symbol (52, 54), wherein the second transmission symbol is different to the first transmission symbol. The first and second transmission symbols are modulated (56) on carriers, and transmitted at different times (62). A Method and an Apparatus for receiving information symbols, which are represented by the first and second transmission symbols, use the two transmission symbols received in order to arrive at the information symbol on which the two transmission symbols are based.

## PATENT COOPERATION TREATY

## PCT

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

1287  
09/763009.  
Translation  
OSDU

RECEIVED  
JUN -4 2001  
TC 2600 MAILROOM

Applicant's or agent's file reference FH990401PCT	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/EP99/02752	International filing date (day/month/year) 15 April 1999 (15.04.99)	Priority date (day/month/year) 18 August 1998 (18.08.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H04L 27/26		
Applicant FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 5 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 18 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☐ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 23 December 1999 (23.12.99)	Date of completion of this report 10 November 2000 (10.11.2000)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP99/02752

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*);

- ☒ the international application as originally filed.
- ☐ the description, pages 1-3,5,7-12,14-35, as originally filed,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
pages 4,4a-4b,6,13, filed with the letter of 25 July 2000 (25.07.2000),  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_, as originally filed,  
Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
Nos. 1-37, filed with the letter of 23 December 1999 (23.12.1999).
- ☐ the drawings, sheets/fig 1/6-6/6, as originally filed,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:



# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.  
PCT/EP 99/02752

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

### 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-37	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-37	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-37	YES
	Claims		NO

### 2. Citations and explanations

1. The subject matter of Claim 1 is novel and involves an inventive step (PCT Article 33(2) and (3)):

1.1 Claim 1 pertains to a process for sending information symbols with a plurality of carriers. In the process, transmission symbols are generated from the information symbol and their transmission is deferred.

Such time-diversity processes are generally known, for example from **US-A-3 665 395** or **DE-A-195 32 959**.

1.2 The subject matter of Claim 1 goes beyond the prior art in that a constellation enlargement is introduced (mapping diversity) therein. Two transmission symbols are generated from each information symbol to which said transmission symbols are clearly allocated. The transmission symbols differ from each other and from the information symbols.

1.3 Such a process is not obvious from the prior art.

According to **US-A-3 665 395** and **DE-A-195 32 959**, the

deferred-transmission symbols are identically constructed. There is no constellation enlargement.

**EP-A-0 572 171** discloses a diversity process wherein copies of the same information symbol are varied differently. This process does not concern a constellation enlargement because no clear allocation occurs between information symbols and transmission symbols. The copies of the information symbol are weighted only with different coding functions and therefore can assume all possible values. Furthermore, there is simultaneous rather than deferred transmission of the coded copies.

**US-A-4 606 047** also comprises no constellation expansion. The to-be-transmitted signals can assume only two values (0 or 1). During the transmission of a value, the complementary value is transmitted simultaneously through a second channel. That is to say, the same constellation is used.

**GB-A-2 291 314** is less relevant because no diversity procedure is disclosed. All information is transmitted only once.

2. The above-mentioned conclusion also pertains to Claims 2, 11, 20, and 30, which correspond to Claim 1.
3. The dependent claims pertain to special embodiments of the subject matter of the above-mentioned independent claims and are therefore likewise novel and inventive.

# PATENT COOPERATION TREATY

From the INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

# PCT

To:  
**SCHOPPE, ZIMMERMANN & STÖCKELER**  
 Attn. Schoppe, Fritz  
 Postfach 71 08 67  
 D-81458 München  
 GERMANY

NOTIFICATION OF TRANSMITTAL OF  
 THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
 OR THE DECLARATION

(PCT Rule 44.1)

Date of mailing  
 (day/month/year)

16/08/1999

Applicant's or agent's file reference

**FH990401PCT**

**FOR FURTHER ACTION**

See paragraphs 1 and 4 below

International application No.

**PCT/EP 99/ 02752**

International filing date  
 (day/month/year)

15/04/1999

Applicant

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER ...**

1. ☒ The applicant is hereby notified that the International Search Report has been established and is transmitted herewith.

**Filing of amendments and statement under Article 19:**

The applicant is entitled, if he so wishes, to amend the claims of the International Application (see Rule 46):

**When?** The time limit for filing such amendments is normally 2 months from the date of transmittal of the International Search Report; however, for more details, see the notes on the accompanying sheet.

**Where?** Directly to the International Bureau of WIPO  
 34, chemin des Colombettes  
 1211 Geneva 20, Switzerland  
 Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

**For more detailed instructions,** see the notes on the accompanying sheet.

2. ☐ The applicant is hereby notified that no International Search Report will be established and that the declaration under Article 17(2)(a) to that effect is transmitted herewith.

3. ☐ **With regard to the protest** against payment of (an) additional fee(s) under Rule 40.2, the applicant is notified that:

☐ the protest together with the decision thereon has been transmitted to the International Bureau together with the applicant's request to forward the texts of both the protest and the decision thereon to the designated Offices.

☐ no decision has been made yet on the protest; the applicant will be notified as soon as a decision is made.

4. **Further action(s):** The applicant is reminded of the following:

Shortly after **18 months** from the priority date, the international application will be published by the International Bureau. If the applicant wishes to avoid or postpone publication, a notice of withdrawal of the international application, or of the priority claim, must reach the International Bureau as provided in Rules 90*bis*.1 and 90*bis*.3, respectively, before the completion of the technical preparations for international publication.

Within **19 months** from the priority date, a demand for international preliminary examination must be filed if the applicant wishes to postpone the entry into the national phase until 30 months from the priority date (in some Offices even later).

Within **20 months** from the priority date, the applicant must perform the prescribed acts for entry into the national phase before all designated Offices which have not been elected in the demand or in a later election within 19 months from the priority date or could not be elected because they are not bound by Chapter II.

Name and mailing address of the International Searching Authority



European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL-2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

**Annick Crab**

## NOTES TO FORM PCT/ISA/220

These Notes are intended to give the basic instructions concerning the filing of amendments under article 19. The Notes are based on the requirements of the Patent Cooperation Treaty, the Regulations and the Administrative Instructions under that Treaty. In case of discrepancy between these Notes and those requirements, the latter are applicable. For more detailed information, see also the PCT Applicant's Guide, a publication of WIPO.

In these Notes, "Article", "Rule", and "Section" refer to the provisions of the PCT, the PCT Regulations and the PCT Administrative Instructions respectively.

### INSTRUCTIONS CONCERNING AMENDMENTS UNDER ARTICLE 19

The applicant has, after having received the international search report, one opportunity to amend the claims of the international application. It should however be emphasized that, since all parts of the international application (claims, description and drawings) may be amended during the international preliminary examination procedure, there is usually no need to file amendments of the claims under Article 19 except where, e.g. the applicant wants the latter to be published for the purposes of provisional protection or has another reason for amending the claims before international publication. Furthermore, it should be emphasized that provisional protection is available in some States only.

#### What parts of the international application may be amended?

Under Article 19, only the claims may be amended.

During the international phase, the claims may also be amended (or further amended) under Article 34 before the International Preliminary Examining Authority. The description and drawings may only be amended under Article 34 before the International Examining Authority.

Upon entry into the national phase, all parts of the international application may be amended under Article 28 or, where applicable, Article 41.

#### When?

Within 2 months from the date of transmittal of the international search report or 16 months from the priority date, whichever time limit expires later. It should be noted, however, that the amendments will be considered as having been received on time if they are received by the International Bureau after the expiration of the applicable time limit but before the completion of the technical preparations for international publication (Rule 46.1).

#### Where not to file the amendments?

The amendments may only be filed with the International Bureau and not with the receiving Office or the International Searching Authority (Rule 46.2).

Where a demand for international preliminary examination has been/is filed, see below.

#### How?

Either by cancelling one or more entire claims, by adding one or more new claims or by amending the text of one or more of the claims as filed.

A replacement sheet must be submitted for each sheet of the claims which, on account of an amendment or amendments, differs from the sheet originally filed.

All the claims appearing on a replacement sheet must be numbered in Arabic numerals. Where a claim is cancelled, no renumbering of the other claims is required. In all cases where claims are renumbered, they must be renumbered consecutively (Administrative Instructions, Section 205(b)).

The amendments must be made in the language in which the international application is to be published.

#### What documents must/may accompany the amendments?

##### Letter (Section 205(b)):

The amendments must be submitted with a letter.

The letter will not be published with the international application and the amended claims. It should not be confused with the "Statement under Article 19(1)" (see below, under "Statement under Article 19(1)").

The letter must be in English or French, at the choice of the applicant. However, if the language of the international application is English, the letter must be in English; if the language of the international application is French, the letter must be in French.

## NOTES TO FORM PCT/ISA/220 (continued)

The letter must indicate the differences between the claims as filed and the claims as amended. It must, in particular, indicate, in connection with each claim appearing in the international application (it being understood that identical indications concerning several claims may be grouped), whether

- (i) the claim is unchanged;
- (ii) the claim is cancelled;
- (iii) the claim is new;
- (iv) the claim replaces one or more claims as filed;
- (v) the claim is the result of the division of a claim as filed.

The following examples illustrate the manner in which amendments must be explained in the accompanying letter:

1. [Where originally there were 48 claims and after amendment of some claims there are 51]:  
"Claims 1 to 29, 31, 32, 34, 35, 37 to 48 replaced by amended claims bearing the same numbers; claims 30, 33 and 36 unchanged; new claims 49 to 51 added."
2. [Where originally there were 15 claims and after amendment of all claims there are 11]:  
"Claims 1 to 15 replaced by amended claims 1 to 11."
3. [Where originally there were 14 claims and the amendments consist in cancelling some claims and in adding new claims]:  
"Claims 1 to 6 and 14 unchanged; claims 7 to 13 cancelled; new claims 15, 16 and 17 added." or  
"Claims 7 to 13 cancelled; new claims 15, 16 and 17 added; all other claims unchanged."
4. [Where various kinds of amendments are made]:  
"Claims 1-10 unchanged; claims 11 to 13, 18 and 19 cancelled; claims 14, 15 and 16 replaced by amended claim 14; claim 17 subdivided into amended claims 15, 16 and 17; new claims 20 and 21 added."

### "Statement under article 19(1)" (Rule 46.4)

The amendments may be accompanied by a statement explaining the amendments and indicating any impact that such amendments might have on the description and the drawings (which cannot be amended under Article 19(1)).

The statement will be published with the international application and the amended claims.

**It must be in the language in which the international application is to be published.**

It must be brief, not exceeding 500 words if in English or if translated into English.

It should not be confused with and does not replace the letter indicating the differences between the claims as filed and as amended. It must be filed on a separate sheet and must be identified as such by a heading, preferably by using the words "Statement under Article 19(1)."

It may not contain any disparaging comments on the international search report or the relevance of citations contained in that report. Reference to citations, relevant to a given claim, contained in the international search report may be made only in connection with an amendment of that claim.

### Consequence if a demand for international preliminary examination has already been filed

If, at the time of filing any amendments under Article 19, a demand for international preliminary examination has already been submitted, the applicant must preferably, at the same time of filing the amendments with the International Bureau, also file a copy of such amendments with the International Preliminary Examining Authority (see Rule 62.2(a), first sentence).

### Consequence with regard to translation of the international application for entry into the national phase

The applicant's attention is drawn to the fact that, where upon entry into the national phase, a translation of the claims as amended under Article 19 may have to be furnished to the designated/elected Offices, instead of, or in addition to, the translation of the claims as filed.

For further details on the requirements of each designated/elected Office, see Volume II of the PCT Applicant's Guide.

## PCT ANTRAG

FH990401PCT

Original (für EINREICHUNG) - gedruckt am 15.04.1999 09:44:26 AM

0 0-1	Vom Anmeldeamt auszufüllen Internationales Aktenzeichen.	
0-2	Internationales Anmeldedatum	
0-3	Name des Anmeldeamts und "PCT International Application"	
0-4 0-4-1	Formular - PCT/RO/101 PCT Antrag erstellt durch Benutzung von	PCT-EASY Version 2.83 (aktualisiert 01.03.1999)
0-5	Antragssersuchen Der Unterzeichnete beantragt, daß die vorliegende internationale Anmeldung nach dem Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens behandelt wird	
0-6	(Vom Anmelder gewähltes) Anmeldeamt	Europäisches Patentamt (EPA) (RO/EP)
0-7	Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts	FH990401PCT
I	Bezeichnung der Erfindung	VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM SENDEN VON INFORMATIONSSYMBOLEN MITTELS EINER MEHRZAHL VON TRÄGERN UND VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM EMPFANGEN VON INFORMATIONSSYMBOLEN
II II-1 II-2 II-4 II-5	Anmelder Diese Person ist Anmelder für Name Anschrift:	nur Anmelder Alle Bestimmungstaaten mit Ausnahme von US FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG e. V. Leonrodstraße 54 D-80636 München Germany
II-6 II-7	Staatsangehörigkeit (Staat) Sitz/Wohnsitz (Staat)	DE DE
III-1 III-1-1 III-1-2 III-1-4 III-1-5	Anmelder und/oder Erfinder Diese Person ist Anmelder für Name (FAMILIENNAME, Vorname) Anschrift:	Anmelder und Erfinder Nur US BADRI, Sabah Sebaldusstraße 8 D-91058 Erlangen Germany
III-1-6 III-1-7	Staatsangehörigkeit (Staat) Sitz/Wohnsitz (Staat)	DE DE

## PCT ANTRAG

FH990401PCT

Original (für EINREICHUNG) - gedruckt am 15.04.1999 09:44:26 AM

III-2	Anmelder und/oder Erfinder	
III-2-1	Diese Person ist	Anmelder und Erfinder
III-2-2	Anmelder für	Nur US
III-2-4	Name (FAMILIENNAME, Vorname)	EBERLEIN, Ernst
III-2-5	Anschrift:	Waldstraße 28b D-91091 Großenseebach Germany
III-2-6	Staatsangehörigkeit (Staat)	DE
III-2-7	Sitz/Wohnsitz (Staat)	DE
III-3	Anmelder und/oder Erfinder	
III-3-1	Diese Person ist	Anmelder und Erfinder
III-3-2	Anmelder für	Nur US
III-3-4	Name (FAMILIENNAME, Vorname)	BUCHHOLZ, Stephan
III-3-5	Anschrift:	Kerschbacher Straße 8 D-81447 München Germany
III-3-6	Staatsangehörigkeit (Staat)	DE
III-3-7	Sitz/Wohnsitz (Staat)	DE
III-4	Anmelder und/oder Erfinder	
III-4-1	Diese Person ist	Anmelder und Erfinder
III-4-2	Anmelder für	Nur US
III-4-4	Name (FAMILIENNAME, Vorname)	LIPP, Stefan
III-4-5	Anschrift:	Steinweg 9a D-91058 Erlangen Germany
III-4-6	Staatsangehörigkeit (Staat)	DE
III-4-7	Sitz/Wohnsitz (Staat)	DE
III-5	Anmelder und/oder Erfinder	
III-5-1	Diese Person ist	Anmelder und Erfinder
III-5-2	Anmelder für	Nur US
III-5-4	Name (FAMILIENNAME, Vorname)	HEUBERGER, Albert
III-5-5	Anschrift:	Hausäckerweg 18 D-91056 Erlangen Germany
III-5-6	Staatsangehörigkeit (Staat)	DE
III-5-7	Sitz/Wohnsitz (Staat)	DE
III-6	Anmelder und/oder Erfinder	
III-6-1	Diese Person ist	Anmelder und Erfinder
III-6-2	Anmelder für	Nur US
III-6-4	Name (FAMILIENNAME, Vorname)	GERHÄUSER, Heinz
III-6-5	Anschrift:	Saugendorf 17 D-91344 Waischenfeld Germany
III-6-6	Staatsangehörigkeit (Staat)	DE
III-6-7	Sitz/Wohnsitz (Staat)	DE

## PCT ANTRAG

FH990401PCT

Original (für EINREICHUNG) - gedruckt am 15.04.1999 09:44:26 AM

IV-1	<b>Anwalt oder gemeinsamer Vertreter; oder besondere Zustellanschrift</b> Die unten bezeichnete Person ist/wird hiermit bestellt, um den (die) Anmelder vor den internationalen Behörden zu vertreten, und zwar als:	<b>Anwalt</b>
IV-1-1	Name (FAMILIENNAME, Vorname)	SCHOPPE, Fritz
IV-1-2	Anschrift:	SCHOPPE & ZIMMERMANN POSTFACH 71 08 67 D-81458 München Germany
IV-1-3	Telefonnr.	089/7904450
IV-1-4	Telefaxnr.	089/7902215
IV-1-5	e-mail	101345.3117@CompuServe.com
V	<b>Bestimmung von Staaten</b>	
V-1	Regionales Patent (andere Schutzrechtsarten oder Verfahren sind ggf. in Klammern nach der (den) betreffenden Bestimmung(en) angegeben)	EP: AT BE CH&LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE und jeder weitere Staat, der Mitgliedsstaat des Europäischen Patentübereinkommens und Vertragsstaat des PCT ist
V-2	Nationales Patent (andere Schutzrechtsarten oder Verfahren sind ggf. in Klammern nach der (den) betreffenden Bestimmung(en) angegeben)	CA JP US
V-5	<b>Erklärung bzgl. vorsorglicher Bestimmungen</b> Zusätzlich zu den unter Punkt V-1, V-2 and V-3 vorgenommenen Bestimmungen nimmt der Anmelder nach Regel 4.9 Absatz b auch alle anderen nach dem PCT zulässigen Bestimmungen vor mit Ausnahme der nachstehend unter Punkt V-6 angegebenen Staaten. Der Anmelder erklärt, daß diese zusätzlichen Bestimmungen unter dem Vorbehalt einer Bestätigung stehen und jede zusätzliche Bestimmung, die vor Ablauf von 15 Monaten ab dem Prioritätsdatum nicht bestätigt wurde, nach Ablauf dieser Frist als vom Anmelder zurückgenommen gilt.	
V-6	<b>Staaten, die von der Erklärung über vorsorgliche Bestimmungen ausgenommen werden</b>	KEINE
VI-1	<b>Priorität einer früheren nationalen Anmeldung beansprucht</b>	
VI-1-1	Anmeldedatum	18 August 1998 (18.08.1998)
VI-1-2	Aktenzeichen	198 37 426.7
VI-1-3	Staat	DE
VII-1	<b>Gewählte Internationale Recherchenbehörde</b>	Europäisches Patentamt (EPA) (ISA/EP)



## PCT ANTRAG

FH990401PCT

Original (für EINREICHUNG) - gedruckt am 15.04.1999 09:44:26 AM

VIII	<b>Kontrollliste</b>	<b>Anzahl der Blätter</b>	<b>Elektronische Datei(en) beigefügt</b>
VIII-1	Antrag	4	-
VIII-2	Beschreibung	35	-
VIII-3	Ansprüche	11	-
VIII-4	Zusammenfassung	1	fh990401.txt
VIII-5	Zeichnung(en)	6	-
VIII-7	INSGESAMT	57	
	<b>Beigefügte Unterlagen</b>	<b>Unterlage(n) in Papierform beigefügt</b>	<b>Elektronische Datei(en) beigefügt</b>
VIII-8	Blatt für die Gebührenberechnung	✓	-
VIII-10	Kopie der allgemeinen Vollmacht	Aktenzeichen 17406	-
VIII-16	PCT-EASY-Diskette	-	Diskette
VIII-18	Nr. der Abb. der Zeichn., die mit der Zusammenf. veröffentlicht werden soll	5	
VIII-19	Sprache der Int. Anmeldung	Deutsch	
IX-1	Unterschrift des Anmelders oder Anwalts		
IX-1-1	Name (FAMILIENNAME, Vorname)	SCHOPPE Fritz	

## VOM ANMELDEAMT AUSZUFÜLLEN

10-1	Datum des tatsächlichen Eingangs dieser internationalen Anmeldung	
10-2	Zeichnung(en):	
10-2-1	Eingegangen	
10-2-2	Nicht eingegangen	
10-3	Geändertes Eingangsdatum aufgrund nachträglich, jedoch fristgerecht eingeg. Unterlage(n) oder Zeichnung(en) zur Vervollständigung dieser Int. Anmeldung	
10-4	Datum des fristgerechten Eingangs der Berichtigung nach PCT Artikel 11(2)	
10-5	Internationale Recherchenbehörde	ISA/EP
10-6	Übermittlung des Recherchenexemplars bis zur Zahlung der Recherchegebühr aufgeschoben	

## VOM INTERNATIONALEN BÜRO AUSZUFÜLLEN

11-1	Datum des Eingangs des Aktenexemplars beim Internationalen Büro	
------	-----------------------------------------------------------------	--

**PATENTANWÄLTE**

European Patent Attorneys  
European Trademark Attorneys

Fritz Schoppe, Dipl.-Ing.  
Tankred Zimmermann, Dipl.-Ing.

Telefon/Telephone 089/790445-0  
Telefax/Facsimile 089/790 22 15  
Telefax/Facsimile 089/74996977  
e-mail 101345.3117@CompuServe.com

Schoppe & Zimmermann · Postfach 710867 · 81458 München

**Fraunhofer-Gesellschaft  
zur Förderung der  
angewandten Forschung e. V.  
Leonrodstraße 54  
D-80636 München  
DE**

---

**Verfahren und Vorrichtung zum Senden von Informationssymbolen  
mittels einer Mehrzahl von Trägern und Verfahren und  
Vorrichtung zum Empfangen von Informationssymbolen**

---

**Verfahren und Vorrichtung zum Senden von Informationssymbolen  
mittels einer Mehrzahl von Trägern und Verfahren und Vorrich-  
tung zum Empfangen von Informationssymbolen**

**Beschreibung**

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Systeme für den digitalen Rundfunk und insbesondere auf Systeme für den digitalen Rundfunk, die trotz sich frequenzmäßig und zeitlich ändernder Übertragungskanäle einen zuverlässigen Empfang gewährleisten.

Satellitengestützte Rundfunksysteme liefern lediglich in ländlichen Gebieten eine adäquate Grundversorgung. In dicht bebauten Gebieten, in denen die Satelliten nicht lückenlos empfangbar sind, muß daher zusätzlich ein terrestrisches "Rebroadcasting" eingesetzt werden. Dies bedeutet, daß das Satellitensignal von einem festen auf den Satelliten gerichteten Empfänger empfangen und umgesetzt wird, um über terrestrische Sender wieder abgestrahlt zu werden. Signale dieser terrestrischen Sender können dann von mobilen Empfängern, wie z. B. Autoradios, empfangen werden.

Für den digitalen Rundfunk können Musikstücke oder Sprachsequenzen beispielsweise entsprechend ISO MPEG Layer 3 codiert werden. Solche Redundanz-reduzierenden Codierungsarten begrenzen die erhebliche digitale Informationsmenge, die zu übertragen ist. Ein beispielsweise MPEG-codiertes Stück wird dann vorzugsweise im Sender kanalcodiert, um bereits hier eine gewisse Fehlersicherheit zu erreichen. Algorithmen für die Fehlersicherung umfassen z. B. einen Reed-Solomon-Code und einen Faltungscode. Für die Decodierung des Faltungscode im Empfänger wird üblicherweise Symbol-by-Symbol-MAP oder der Viterbi-Algorithmus, der nach dem Prinzip der Maximum-Likelihood-Schätzung arbeitet, eingesetzt.

Für das terrestrische Rebroadcasting wird es bevorzugt, größere Städte über ein sogenanntes Gleichwellennetz (SFN; SFN = Single Frequency Network) zu versorgen. Dies bedeutet, daß Gebiete, die mit einem einzelnen Sender nicht versorgt werden können, mittels mehrerer Sender "abgestrahlt" werden, die das identische Signal synchron abstrahlen.

Implementationen eines SFN, sowie der beschriebenen Fehlersicherungs- und Fehlerkorrekturcodierungen im Sender und der entsprechenden Decodierungen im Empfänger sind für Fachleute bekannt. Bezüglich verschiedener Kanalcodierungsmöglichkeiten sei beispielsweise auf "Channel Coding with Multilevel/Phase Signals", von Gottfried Ungerboeck, IEEE Transactions on Information Theory, Bd. IT-28, Nr. 1, Seiten 55-66, Januar 1982, verwiesen.

Als Modulation kann bei solchen Systemen eine Mehrträgermodulation oder "Multi-Carrier-Modulation" (MCM) eingesetzt werden. Die Mehrträgermodulation kann beispielsweise durch eine sogenannte OFDM-Modulation (OFDM = Orthogonal Frequency Division Multiplex) implementiert werden.

Bei der OFDM-Modulation wird zunächst aus einem Abschnitt oder Block einer Eingangsbitfolge ein OFDM-Symbol gebildet. Dazu wird eine Bitfolge auf eine andere Zahlenfolge abgebildet. Dieses Abbilden wird in der Technik auch als "Mapping" bezeichnet. Im einfachsten Fall besteht das Mapping darin, daß zwei aufeinanderfolgende Bits der Eingangsfolge zusammengefaßt werden, um ein Dibit, d. h. ein digitales Wort der Länge zwei Bit, zu erhalten. Entsprechend der Anzahl der vorhandenen Träger werden nun so viele digitale Worte parallel gespeichert, wie Träger vorhanden sind. Dieses parallele Anordnen entspricht dem Bilden eines komplexen Spektrums, wobei jedes digitale Wort, d. h. jedes Dibit beim Beispiel, die komplexe Darstellung eines Trägers der Vielzahl von Trägern darstellt. Um dieses Spektrum zu übertragen, wird es mittels einer inversen Fouriertransformation, die als diskrete Fouriertransformation (DFT) oder als schnelle Fouriertransforma-

tion (FFT) realisiert ist, in den Zeitbereich transformiert. Das Ergebnis einer Transformation eines Spektrums aus einer Vielzahl von Dibits oder Informationssymbolen wird auch als MCM-Symbol bezeichnet. Dieses MCM-Symbol kann vorzugsweise im Zeitbereich um ein Schutzintervall erweitert werden, damit keine Zwischensymbolstörung (ISS; ISS = Inter Symbol Interference) auftritt. Mehrere MCM-Symbole, zwischen denen jeweils ein Schutzintervall oder "Guard Interval" eingefügt ist, können zu einem MCM-Frame zusammengefaßt werden, der zur Synchronisation des Empfängers mit einer Synchronisationssequenz versehen wird. Der MCM-Frame besteht damit aus mehreren MCM-Symbolen, zwischen denen jeweils ein Schutzintervall vorhanden ist, und einer Synchronisationssequenz. Das Schutzintervall sollte zeitlich so lange bemessen werden, daß in einem SFN-System ein mehrmaliger Empfang von anderen Sendern als dem nächstliegenden Sender, die alle synchron mit der gleichen Frequenz abstrahlen, zu keinem Verlust der Daten führt.

Bezüglich der OFDM-Modulation sei beispielsweise auf die Fachveröffentlichung "Data Transmission by Frequency-Division Multiplexing Using the Discrete Fourier Transform", von S. B. Weinstein u. a., IEEE Transactions on Communication Technology, Bd. COM-19, Nr. 5, Seiten 628-634, Oktober 1971, verwiesen. Bezüglich einer OFDM mit Kanalcodierung sei beispielsweise auf die Fachveröffentlichung "COFDM: An Overview", von William Y. Zou u. a., IEEE Transactions on Broadcasting, Bd. 41, Nr. 1, Seiten 1-8, März 1995, verwiesen.

Die Prinzipien der OFDM und der Kanalcodierung für die OFDM mittels Faltungscodes und der Kanaldecodierung mittels dem Viterbi-Algorithmus sind bekannt und in den genannten Veröffentlichungen detailliert dargestellt. Diese Aspekte müssen hier daher nicht eingehend erläutert werden.

Problematisch bei Mehrträgerübertragungssystemen (CM), zu denen auch die OFDM-Systeme gehören, ist die Tatsache, daß viele Träger bei einer Übertragung von Informationen über Mehr-

wegekanäle (nahezu) vollständig ausgelöscht werden können. Die Informationen, die über diese Träger übertragen werden, stehen somit am Empfänger nicht mehr zur Verfügung und können, wenn überhaupt, nur noch durch eine leistungsfähige Kanalcodierung wiedergewonnen werden.

Störungen des nicht idealen Übertragungskanals können beispielsweise in einem zusätzlichen Gauß'schen weißen Rauschen (AWGN; AWGN = Additive White Gaussian Noise), einer zeitabhängigen erhöhten Dämpfung des Übertragungskanals beispielsweise während des Fahrens im "Schatten" eines Hochhauses, einem frequenzselektiven Übertragungskanal, d. h. bestimmte Frequenzen werden stärker gedämpft als andere Frequenzen, oder (meistens) in einer Kombination der genannten Phänomene bestehen. Weiterhin finden aufgrund der üblicherweise stark inhomogenen Topologie des Übertragungskanals, d. h. viele Bauwerke in einer Stadt, Reflexionen statt, die bei entsprechenden Laufzeitverhältnissen, wie es bereits erwähnt wurde, zu konstruktiven aber auch destruktiven Interferenzen führen werden. Diese Situation verschärft sich noch dadurch, daß zusätzlich zu dem Mehrwegeempfang, der aufgrund der unterschiedlichen Übertragungswege vorhanden ist, in einem SFN-System systembedingt Signale von anderen Sendern empfangen werden, die synchron zu einem bezüglich des Empfängers dominierenden Sender senden. Signale solcher Nebensender werden längere Laufzeiten zum Empfänger haben, ihre Amplituden können jedoch aufgrund konstruktiver Interferenzen durchaus in den Bereich der Empfangsamplitude vom dominierenden Sender kommen, besonders wenn derselbe seinerseits durch eine destruktive Interferenz stark gedämpft ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Konzept für einen digitalen Rundfunk zu schaffen, das eine fehlersichere Übertragung ermöglicht, selbst wenn der Übertragungskanal gestört ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Senden von Informationssymbolen nach Anspruch 1 oder 2, durch ein Verfahren zum Empfangen von Informationssymbolen nach Anspruch 11, durch eine Vorrichtung zum Senden von Informationssymbolen nach Anspruch 20 und durch eine Vorrichtung zum Empfangen von Informationssymbolen nach Anspruch 30 gelöst.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, Informationen dadurch zu schützen, daß sie zwei oder mehrmals übertragen werden. Wenn ein Träger zu einem bestimmten Zeitpunkt stark gestört oder sogar gelöscht ist, existiert immer noch die Möglichkeit, die gleichen Informationen von diesem Träger zu einem späteren Zeitpunkt wiederzugewinnen, wenn die Informationen zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal bzw. zu mehreren späteren Zeitpunkten erneut gesendet werden. Am effektivsten arbeitet das erfindungsgemäße Konzept dann, wenn die Informationen beim zweiten Mal nicht über den gleichen Träger sondern über einen anderen Träger erneut gesendet werden. Liegt die Kanalstörung nämlich nicht nur in einer vorübergehenden zeitlichen Störung, sondern in einer länger andauernden Störung bestimmter Träger durch destruktive Interferenz, so können die gestörten Informationen in den Trägern, die nahezu ausgelöscht sind, von anderen Trägern, die nicht besonders gestört sind bzw. sogar durch konstruktive Interferenz verstärkt worden sind, wiedergewonnen werden. Dies führt zu einem "Diversity-Effekt".

Erfindungsgemäß wird diese Mannigfaltigkeit oder Diversität durch eine Vergrößerung der Signalkonstellation erreicht, weshalb sie "Mapping Diversity" genannt wird. Wenn beispielsweise eine QPSK, d. h. eine quaternäre Phasenumtastung, betrachtet wird, besteht die Signalkonstellation aus vier unterschiedlichen Phasenwerten, mittels derer Informationen übertragen werden können. Bei einer QPSK hat jeder Phasenzeiger die gleiche Amplitude, die z. B. 1 oder 1,41 (Betrag des Realteils = Betrag des Imaginärteils = 1) betragen kann. Wie es noch weiter hinten detaillierter beschrieben werden wird,

führt eine Vergrößerung der Signalkonstellation gemäß der vorliegenden Erfindung zu einer Gewichtung der Amplitude eines Zeigers, d. h. daß ein erstes Sendesymbol, das auf einem Informationssymbol basiert, eine erste Amplitude hat, während ein zweites Sendesymbol, das auf demselben Informationssymbol basiert, jedoch zu einem späteren Zeitpunkt gesendet wird, eine andere Amplitude hat. Erfindungsgemäß werden daher Informationen nicht nur zweimal gesendet, sondern auch mittels unterschiedlicher Informationssymbole, die in der vergrößerten Signalkonstellation liegen, wobei im Unterschied der Sendesymbole jedoch keine Nutzinformation codiert ist, weshalb die Bitbandbreite des Systems durch dieses Verfahren nicht erhöht wird.

Erfindungsgemäß kann ein Empfänger, der ebenfalls die vergrößerte Signalkonstellation kennt, aufgrund der beiden zu unterschiedlichen Zeitpunkten empfangenen Sendesymbole, die sich auf dasselbe Informationssymbol beziehen, und aufgrund der Unterschiedlichkeit der empfangenen Sendesymbole mittels einer Kanaldecodierung zuverlässig die gesendeten Informationssymbole wiedergewinnen.

Die bevorzugte Modulationsart ist die Differenzphasenumtastung, die prinzipiell mit einer beliebigen Anzahl von Phasenzuständen implementiert sein kann (DMPSK), die jedoch bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel als DQPSK, d. h. mit vier Phasenzuständen oder Phasenzeigerstellungen, implementiert ist. Für einen kohärenten Empfang wird bei jedem empfangenen Informationssymbol die Phase geschützt. Die Differenz-Decodierung, d. h. das Bilden der Phasendifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden empfangenen Sendesymbolen, kann dann durch einen einfachen Subtrahiervorgang durchgeführt werden. Nachteilig an diesem Konzept ist der erhöhte Hardwareaufwand für die Phasenschätzung. Vorteilhaft ist jedoch ein hoher Empfangsgewinn.



Beim inkohärenten Empfang, der keine Phasenschätzung benötigt und daher hardwaremäßig einfacher ist, der aber bei nicht-mobilem Empfang einen etwa um 3 dB geringeren Empfangsgewinn als der kohärente Empfänger hat, wird zur Differenz-Decodierung das aktuelle empfangene Sendesymbol mit dem konjugiert komplexen Wert des zuletzt empfangenen Sendesymbols multipliziert. Bei mobilem Empfang ist der Empfangsgewinn geringer, da die Phasen z. B. aufgrund von Dopplerverschiebungen nicht so korrekt geschätzt werden kann. Das Ergebnis dieser komplexen Multiplikation besteht in der Multiplikation der Beträge und in der Subtraktion der Phasen der beiden Multiplikanden. In der Phasendifferenz steckt die erwünschte Nutzinformation. Bei der Kanaldecodierung im Empfänger wird jedoch auch die Amplitude dieses Multiplikationsergebnisses benötigt. Da zwei kleine Amplituden miteinander multipliziert werden, ist die Amplitude des Ergebnisses typischerweise eine noch kleinere Zahl. Kleine Amplituden führen jedoch, wie es durch eine Betrachtung der Signalkonstellation ersichtlich ist, zu einer immer schlechteren Entscheidungszuverlässigkeit. Erfindungsgemäß wird daher keine harte Entscheidung sondern eine "weiche" Entscheidung mittels der sogenannten "Log-Likelihood-Ratios" durchgeführt, um die Decodiererzuverlässigkeit zu erhöhen.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beigelegten Zeichnungen detaillierter erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Signalkonstellationsdiagramm für ein Beispiel einer erfindungsgemäß erweiterten Signalkonstellation;

Fig. 2 ein Signalkonstellationsdiagramm für ein weiteres Beispiel einer erfindungsgemäß erweiterten Signalkonstellation;

- Fig. 3 ein Signalkonstellationsdiagramm für eine übliche Phasenumtastung bzw. Differenz-Phasenumtastung;
- Fig. 4 ein Prinzipschaltbild für eine Phasenumtastung mit Differenzcodierung;
- Fig. 5 ein Sender für Informationssymbole gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 6 ein Blockschaltbild zum Berechnen der Zuverlässigkeitsmetrik für die DQPSK-Modulation von Fig. 4;
- Fig. 7 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Empfängers, der eine kohärente Decodierung implementiert;
- Fig. 8 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Empfängers, der eine inkohärente Decodierung implementiert;
- Fig. 9 ein Prinzipdiagramm zur Veranschaulichung der erfindungsgemäßen Metrikberechnung;
- Fig. 10 ein Blockschaltbild zur Implementation der Soft-Metrik-Berechnung;
- Fig. 11 ein detaillierteres Blockschaltbild für einen Teil des Senders von Fig. 5; und
- Fig. 12 ein detaillierteres Blockschaltbild für einen Teil des Empfängers von Fig. 7.

Zur Herleitung der erfindungsgemäßen Signalkonstellationen wird im nachfolgenden auf Fig. 3 Bezug genommen, die ein Signalkonstellationsdiagramm für eine übliche QPSK- oder DQPSK-Abbildung (DQPSK = Differential Quaternary Phase Shift Keying) zeigt. Das Signalkonstellationsdiagramm umfaßt vier Pha-

senzustände, die durch zwei Bits,  $b(1)$  und  $b(0)$ , dargestellt werden können. Aus Fig. 3 ist zu sehen, daß das binäre Wort 00 einer Phase von 0 Grad entspricht, daß das binäre Wort 01 einer Phase von 90 Grad ( $\pi/2$ ) entspricht, daß das binäre Wort 11 einer Phase von 180 Grad ( $\pi$ ) entspricht, und daß das binäre Wort 10 einer Phase von 270 Grad ( $3/2\pi$ ) entspricht. Daraus ist ersichtlich, daß in Fig. 3 wie in der gesamten vorliegenden Anmeldung eine Winkeldrehungskonvention im Uhrzeigersinn verwendet wird, die im Gegensatz zur trigonometrischen Winkeldrehung steht, die bekannterweise gegen den Uhrzeigersinn gerichtet ist.

Das Signalkonstellationsdiagramm von Fig. 3 kann sowohl für eine übliche Phasenumtastung als auch für eine Differenz-Phasenumtastung verwendet werden.

Fig. 4 zeigt ein Prinzipblockschaltbild zur Implementation einer Differenz-Phasenumtastung mit einer Anzahl  $M$  von Phasenzuständen (MPSK). Ein digitales Wort  $b_k$  zu einem Zeitpunkt  $k$ , das im allgemeinen Fall eine beliebige Anzahl von Bits haben kann, das bei der beschriebenen Implementation jedoch lediglich zwei Bits hat, um einen der in Fig. 3 gezeigten Phasenzustände darstellen zu können, wird in einen Summierer 10 eingespeist, der als Mod $M$ -Summierer ausgeführt ist. Dies bedeutet, daß das Ausgangssignal des Summierers immer eine Phase ergibt, die kleiner als 360 Grad ist. Dem Summierer nachgeschaltet ist eine Verzweigungsstelle 12, an der das Signal  $b_k$  zum Zeitpunkt  $k$  abgezweigt und in eine Verzögerungseinrichtung  $T$  14 eingespeist wird, wo  $b_k$  eine Periode verzögert wird. Im nächsten Zyklus wird ein neues  $b_k$  in den Summierer 10 eingespeist, und das  $b_k$  des letzten Zyklus, das nun als  $b_{k-1}$  bezeichnet wird, wird von  $b_k$  subtrahiert, um die Differenzphase zu erhalten, die durch  $c_k$  bezeichnet ist.  $c_k$  ist daher ein binäres Wort mit einer beliebigen Anzahl von Bits, deren Anzahl der Bitanzahl von  $b_k$  entspricht, wobei diesem Bitwort  $c_k$  nun in einem Block MPSK 16 ein Phasenwert zugeordnet wird. Obwohl bereits bei den Symbolen  $b_k$  bzw.  $b_{k-1}$

bzw.  $c_k$  von "Phasen" gesprochen wurde, stellen diese Symbole lediglich Bitworte dar, denen erst durch den Block MPSK 16 bestimmte Phasenwerte zugeordnet werden.

Im nachfolgenden wird auf Fig. 1 Bezug genommen, die eine erfindungsgemäß erweiterte Signalkonstellation wiedergibt. Jedes Symbol  $b(1) b(0)$  wird mit vier möglichen Amplitudenfaktoren  $c(i)$ ,  $i$  aus  $\{0, 1, 2, 3\}$ , gewichtet. Damit ergeben sich insgesamt 16 Möglichkeiten für die Signalkonstellation, die in Fig. 1 gezeigt ist. Diese Signalkonstellation ähnelt einer differenziellen Amplituden- und Phasen-Modulation (DAPSK), unterscheidet sich jedoch von einer echten DAPSK dadurch, daß durch die Amplitudenfaktoren  $c(i)$  keine Nutzinformationen übertragen werden, sondern daß durch verschiedene Amplitudengewichtungen  $c(i)$  unterschiedliche Sendesymbole erzeugt werden, die aber alle die gleiche Nutzinformation haben, die durch  $b(1) b(0)$  dargestellt ist. Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt die verschiedenen Möglichkeiten.

Tabelle 1

$c^{(i)}b^{(1)}b^{(0)}, \varphi = 0$	$c^{(i)}b^{(1)}b^{(0)}, \varphi = \frac{\pi}{2}$	$c^{(i)}b^{(1)}b^{(0)}, \varphi = \pi$	$c^{(i)}b^{(1)}b^{(0)}, \varphi = \frac{3\pi}{2}$
$c^{(0)}00$	$c^{(0)}10$	$c^{(0)}11$	$c^{(0)}01$
$c^{(1)}00$	$c^{(1)}10$	$c^{(1)}11$	$c^{(1)}01$
$c^{(2)}00$	$c^{(2)}10$	$c^{(2)}11$	$c^{(2)}01$
$c^{(3)}00$	$c^{(3)}10$	$c^{(3)}11$	$c^{(3)}01$

Fig. 2 zeigt ein weiteres Beispiel für eine erfindungsgemäße Vergrößerung der Signalkonstellation. Jedes Symbol  $(b(1) b(0))$  wird mit vier möglichen Symbolen  $(c(1), c(0)) = \{(00), (01), (11), (10)\}$  gewichtet. Damit ergeben sich folgende Möglichkeiten für die einzelnen Informationssymbole  $b(1) b(0)$ :

- $(b^{(1)} b^{(0)}) = \{00\}$

$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$
0000	0010	0011	0001

- $\{b^{(1)} b^{(0)}\} = \{01\}$

$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$
0100	0110	0111	0101

- $\{b^{(1)} b^{(0)}\} = \{11\}$

$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$
1100	1110	1111	1101

- $\{b^{(1)} b^{(0)}\} = \{10\}$

$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$
1000	1010	1011	1001

Die nachfolgende Tabelle 2 faßt diese Ergebnisse noch einmal zusammen. Es ist zu sehen, daß die vier Möglichkeiten zur Phasencodierung durch das Informationssymbol, das zwei Bit  $b(1)$ ,  $b(0)$  aufweist, auf 16 Möglichkeiten erweitert worden sind.

**Tabelle 2**

$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$
0000	0010	0011	0001
1000	1010	1011	1001
1100	1110	1111	1101
0100	0110	0111	0101

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß die erfindungsgemäße Erweiterung der Signalkonstellation nicht auf eine differenzielle Phasenumtastung begrenzt ist, sondern daß jedes beliebige Modulationsverfahren, z. B. eine Quadraturamplitudenmodulation (QAM), eine Phasenumtastung (PSK), eine Amplituden-Phasenumtastung (APSK) oder eine differenzielle Amplituden-Phasenumtastung (DAPSK), erfindungsgemäß erweitert werden kann, derart, daß ein zweites Sendesymbol aufgrund eines Informationssymbols erzeugt werden kann, das sich von einem ersten Sendesymbol unterscheidet, das ebenfalls auf dasselbe Informationssymbol bezogen ist. Wesentlich ist, daß die Vergrößerung der Signalkonstellation nicht dazu verwendet wird, mehr Informationen zu übertragen, sondern die gleichen Informationen noch mindestens einmal mehr zu übertragen. Dies bedeutet, daß beziehungsweise auf Fig. 1 in den unterschiedlichen Amplituden, die durch die unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren  $c(i)$  erzeugt werden können, keine Nutzinformation steckt. Die unterschiedlichen Amplituden werden von der Kanal-Decodierung verwendet, um zuverlässige Bitentscheidungen treffen zu können. Im Gegensatz zu dem erneuten Senden zweier identischer Informationssymbole erlaubt die erfindungsgemäß erweiterte Signalkonstellation am Empfänger z. B. die Unterscheidung der zwei Sendesymbole. Allgemein gesagt liefert die erfindungsgemäß erweiterte Signalkonstellation Flexibilität bezüglich der Gestaltung der Sendesymbole. Zur Übertragung der Nutzinformationen werden beim erfindungsgemäßen Verfahren weiterhin lediglich die Bits der Informationssymbole verwendet. Damit wird die Übertragungsbandbreite des Systems nicht beeinträchtigt.

Fig. 5 zeigt in Blockschaltdiagrammform ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines Senders gemäß der vorliegenden Erfindung. Ein Kanalcodierer 50 führt im Stand der Technik bekannte Kanalcodierungsverfahren, die auf einem Faltungscodierverfahren oder ähnlichem aufbauen, durch und liefert Bits zu einer ersten Ein-

richtung 52 zum Gruppieren von Bits, um Informationssymbole  $b(1)$   $b(0)$  zu erzeugen. Die Gruppierung von zwei Bit  $b(1)$   $b(0)$  führt dazu, die vier Phasenzustände des Signalkonstellationsdiagramm, das in Fig. 3 gezeigt ist, darstellen zu können. Die Einrichtung zum Gruppieren von Bits, um Informationssymbole zu erzeugen, wird auch als "erster Mapper" bezeichnet. Dem ersten Mapper 52 nachgeschaltet findet sich ein zweiter Mapper 54, der die erfindungsgemäße Erweiterung der Signalkonstellation zu einer erweiterten Signalkonstellation, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, durchführt. Selbstverständlich könnte der zweite "Mapper" auch die erweiterte Signalkonstellation implementieren, die in Fig. 2 dargestellt ist. Der zweite Mapper 54 stellt also eine Einrichtung zum Gewichten der von der Einrichtung 52 zum Gruppieren erzeugten Informationssymbole dar. Die beiden Einrichtungen 52 und 54 bilden somit zusammen eine Einrichtung zum Erzeugen eines ersten und eines zweiten Sendesymbols aufgrund eines einzigen Informationssymbols, wobei sich das erste und das zweite Sendesymbol voneinander unterscheiden. Das erste Sendesymbol könnte hierbei ein "unbehandeltes" Informationssymbol, das einfach durch die Einrichtung 54 durchgeschaltet wird, sein, während das zweite Sendesymbol ein "behandeltes" Informationssymbol sein könnte, das bei einem Ausführungsbeispiel in seiner Amplitude gewichtet ist. Alternativ können beide Informationssymbole durch die Gewichtungseinrichtung 54 gewichtet werden, und zwar mit zwei unterschiedlichen Faktoren  $c(i)$ . Am Ausgang der Einrichtung zum Gewichten 54 liegen somit zu unterschiedlichen Zeitpunkten unterschiedliche Sendesymbole an, die sich jedoch auf dasselbe Informationssymbol  $b(1)$   $b(0)$  beziehen.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird dann eine Differenzcodierung zweier zeitlich benachbarter Sendesymbole durchgeführt, wie sie bereits bezugnehmend auf Fig. 4 beschrieben wurde. Es ist jedoch offensichtlich, daß das erfindungsgemäße Verfahren zum Senden ebenso wie das erfindungsgemäße Verfahren zum Empfangen auch

ohne Differenzcodierung ausgeführt werden können, wobei in diesem Fall die Elemente 10, 12, 14 nicht vorhanden sind.

Bei einer Implementation der vorliegenden Erfindung wird eine Multiträgermodulation mit einer Anzahl von 512 Trägern verwendet. Diese Multiträgermodulation wird, wie es bereits eingangs erwähnt wurde, mit einer inversen Fouriertransformation bewirkt, die durch einen Block IFFT 56 in Fig. 5 symbolisch dargestellt ist. Dazu erzeugen die Einrichtungen 50 bis 54 und 10 bis 16 512 Sendesymbole bzw. Differenzsymbole, die dann parallel mittels des Blocks IFFT in den Zeitbereich transformiert werden, um ein MCM-Symbol zu erhalten, das am Ausgang des Blocks IFFT 56 ausgegeben wird. Zur Vermeidung einer Interferenz zweier benachbarter MCM-Symbole bei Verwendung eines SFN-Systems wird zwischen jedem MCM-Symbol ein Schutzintervall oder "Guard Interval" eingefügt, wie es durch einen Block 58 symbolisch dargestellt ist. Zur Fertigstellung eines vollständigen MCM-Frames wird nach einer bestimmten Anzahl von MCM-Symbolen, zwischen denen Schutzintervalle angeordnet sind, eine Synchronisationssequenz, die auch als AMSS bezeichnet wird, eingefügt, wie es durch einen Block 60 angedeutet ist. Eine fertige Synchronisationssequenz wird dann mittels eines komplexen IQ-Modulators auf einen Hochfrequenz-Träger moduliert und dann z. B. über eine Antenne abgestrahlt. Dies ist symbolisch durch einen Block 62 dargestellt. Es sei darauf hingewiesen, daß die Verarbeitung einer Synchronisationssequenz bis zur Abstrahlung durch eine Antenne bekannt ist und daher nicht näher beschrieben werden braucht.

Wie es bereits erwähnt wurde, wird vorzugsweise eine IFFT 56 im Sender bzw. eine FFT im Empfänger mit 512 Trägern verwendet. Der Block IFFT 56 gibt somit aufgrund der parallelen Funktionsweise der schnellen Fouriertransformation 512 komplexe Zeitpunkte parallel aus, die ein MCM-Symbol bilden. Ein MCM-Frame besitzt beispielsweise eine Dauer von 6 ms. Er besteht, wie es erwähnt wurde, beispielsweise aus 24 MCM-



Symbolen, zwischen denen jeweils ein Schutzintervall eingebracht ist, dessen Länge bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel etwa 25% der Länge eines MCM-Symbols beträgt. Die Synchronisationssequenz umfaßt ferner beispielsweise 396 Bit. Somit kann ein Frame bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung 16.396 Bit umfassen.

Erfindungsgemäß werden somit aus einem Informationssymbol zwei voneinander unterschiedliche Sendesymbole erzeugt, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten gesendet werden. Wenn beispielsweise eine Kanalstörung vorliegt, die zeitlich vorübergehend ist, und die alle Träger gleichermaßen betrifft, so kann bereits ein Gewinn erzielt werden, wenn das zweite Sendesymbol zu einem Zeitpunkt  $k_2$  erneut gesendet wird, der um die Dauer der Störung von dem Zeitpunkt  $k_1$  zeitlich entfernt ist, zu dem das erste Sendesymbol gesendet wurde. In Anbetracht der hauptsächlich auftretenden zeitlichen Störungen wird eine Differenzzeit zwischen dem Senden der beiden Sendesymbole von etwa 5 MCM-Frames, was bei dem beschriebenen Beispiel etwa 30 ms entspricht, sinnvoll sein. Auch bei kürzeren Zeitdauern wird jedoch bereits ein - unter Umständen kleiner - Gewinn erzielt, wenn zeitliche Störungen des Kanals kürzer sind. Wenn die zeitliche Störung des Übertragungskanals alle Träger gleichermaßen betrifft, spielt es keine Rolle, ob das zweite Sendesymbol mittels genau des gleichen Kanals übertragen wird, über den das erste Sendesymbol übertragen wurde. In der Praxis treten jedoch oft Interferenzen auf, die zu einer Auslöschung oder aber zu einer Verstärkung von einzelnen Trägern führen können. Es empfiehlt sich daher, das zweite Sendesymbol nicht über den gleichen Träger zu übertragen, sondern über einen anderen Träger. Dann besteht die Hoffnung, daß, wenn das erste Sendesymbol auf einen Träger moduliert wurde, der einer destruktiven Interferenz ausgesetzt war, das zweite Sendesymbol auf einen Träger moduliert ist, der durch eine konstruktive Interferenz sogar noch gegenüber normal übertragenen Trägern verstärkt worden ist.

Ferner wird bevorzugt, Informationen nicht nur zweimal zu senden, sondern abhängig vom Kanal mehr als zweimal. Wenn der Kanal relativ schlecht ist, wird ein erneutes Senden eines Informationssymbols häufiger nötig sein, als wenn ein relativ störungsarmer Kanal vorliegt. Das Signalkonstellationsdiagramm, das in Fig. 1 oder auch in Fig. 2 dargestellt ist, erlaubt ein vierfaches Senden der gleichen Informationen. In Analogie zu dem Fall des doppelten Sendens werden dann vier Sendesymbole erzeugt, die alle auf dem gleichen Informationssymbol basieren, die jedoch untereinander unterschiedlich sind. In diesem Fall bietet sich folgendes Trägerraster an. Wenn das erste Sendesymbol über den ersten Träger übertragen worden ist, könnte das zweite Sendesymbol über den 32. Träger übertragen werden, könnte das dritte Sendesymbol über den 128. Träger übertragen werden, und könnte das vierte Sendesymbol über den 256. Träger übertragen werden. Andere Frequenzraster sind jedoch ebenfalls denkbar. Vorzugsweise werden die Sendesymbole, die alle auf dem gleichen Informationssymbol basieren, gleichmäßig über das Frequenzraster verteilt gesendet, da dann die Wahrscheinlichkeit am höchsten ist, daß zumindest einmal ein Kanal getroffen wird, der nicht durch eine destruktive Interferenz oder eine andere Störung außerordentlich stark gedämpft ist.

Bezüglich der Amplitudengewichtungen bei der Signalkonstellationsdiagramm von Fig. 1 werden Gewichtungsfaktoren  $c(i)$  von  $\{0,18, 0,35, 0,53, 0,71\}$  verwendet. Damit wird eine nahezu maximale Ausnutzung des verfügbaren Amplitudenbereichs von 0 bis 1 gestattet.

Im nachfolgenden wird auf Fig. 6 eingegangen, die die Implementation einer Soft-Metrik-Berechnung für einen Empfänger für digitale Signale umfaßt. Die nachfolgenden Metrixbetrachtungen beziehen sich alle auf eine DPSK. Analoge Metrixbetrachtungen für andere Modulationsverfahren sind jedoch in Anbetracht der vorliegenden Ausführungen ableitbar.

Die Sendesymbole lassen sich als  $s(k) = e^{j\phi[k]}$  darstellen, wobei  $\phi[k]$  die absolute Phase ist. Sendeseitig läßt sich das aktuelle Sendesymbol folgendermaßen schreiben:

$$s(k) = s(k-1) \cdot e^{j\phi[k]} = e^{+j(\phi[k-1] + \phi[k])} \quad (\text{Gl. 1})$$

Die Nutzinformationen sind in Gleichung 1 im differenziellen Phasenterm  $\phi[k]$  repräsentiert. Die Empfangssymbole lassen sich wie folgt ausdrücken:

$$r(k) = H\left(e^{j\frac{2\pi}{D}\mu}\right)s(k) + n(k) \quad (\text{Gl. 2})$$

In Gleichung 2 bezeichnet  $H(\dots)$  die Kanalübertragungsfunktion für den  $\mu$ -ten Träger.  $D$  stellt die Anzahl der Träger dar und  $n(k)$  ist die additive Rauschstörung.  $k$  ist der aktuelle Zeitpunkt während  $k-1$  den vorherigen Zeitpunkt darstellt.

Die bedingte Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für den Empfang von  $r(k)$ , wenn  $s(k)$  gesendet wurde, lautet folgendermaßen:

$$f(r(k)/s(k), \phi(k)) \approx \text{const} \cdot e^{\frac{1}{\sigma_n^2} \text{Re}\{r^*(k-1)r(k)e^{j\phi(k)}\}} \quad (\text{Gl. 3})$$

$\sigma_n^2$  ist dabei die Varianz von  $n(k)$  und wird folgendermaßen berechnet:

$$\sigma_n^2 = E\{|n(k)|^2\} \quad (\text{Gl. 4})$$

Zur Berechnung einer zuverlässigen Metrik, d. h. um zuverlässige Informationen im Empfänger bestimmen bzw. entscheiden zu können, werden die Log-Likelihood-Ratios  $\lambda(k)$  der einzelnen Binärsymbole  $b(1)$  und  $b(0)$  verwendet, welche für das  $i$ -te Bit folgendermaßen definiert sind.

$$\lambda^{(i)}(k) = \ln \left\{ \frac{\text{Wahrscheinlichkeit, da\ss Bit}(b^{(i)} = 1)}{\text{Wahrscheinlichkeit, da\ss Bit}(b^{(i)} = 0)} \right\} \quad (\text{Gl. 5})$$

Ausgeschrieben ergibt sich damit Gleichung 6:

$$\lambda^{(i)}(k) = \ln \left\{ \frac{\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi] | i\text{-tes Bit} = 1\}} f(r(k) / s(k), \varphi) \cdot \Pr\{\varphi\}}{\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi] | i\text{-tes Bit} = 0\}} f(r(k) / s(k), \varphi) \cdot \Pr\{\varphi\}} \right\} \quad (\text{Gl. 6})$$

$\Pr(\varphi)$  stellt die Wahrscheinlichkeit dar, da\ss die Phase des zu bestimmenden Informationssymbols einen bestimmten Wert einnimmt. Es existieren vier verschiedenen Phasenzustände (Fig. 1, Fig. 2), die alle gleich wahrscheinlich sind. Die Wahrscheinlichkeit  $\Pr(\varphi)$  ist daher für alle Summanden von Gleichung 6 gleich und kann aus Gleichung 6 herausgekürzt werden. Somit ergibt sich für die Log-Likelihood-Ratios folgender Ausdruck:

$$\lambda^{(i)}(k) = \ln \left\{ \frac{\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi] | i\text{-tes Bit} = 1\}} f(r(k) / s(k), \varphi)}{\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi] | i\text{-tes Bit} = 0\}} f(r(k) / s(k), \varphi)} \right\} \quad (\text{Gl. 7})$$

Wenn Gleichung 3 in Gleichung 7 eingesetzt wird und die Summation ausgeschrieben wird, ergeben sich folgende Ausdrücke für die Log-Likelihood-Ratios für die Bits des Informationssymbols  $b(0)$  und  $b(1)$ :

$$\lambda^{(0)} = \ln \left\{ \frac{\exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (-1) \} \right\} + \exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (j) \} \right\}}{\exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (1) \} \right\} + \exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (-j) \} \right\}} \right\} \quad (\text{Gl. 8})$$

$$\lambda^{(1)} = \ln \left\{ \frac{\exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (-1) \} \right\} + \exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (-j) \} \right\}}{\exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (1) \} \right\} + \exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (j) \} \right\}} \right\}$$

(Gl. 9)

Nach bekannten Umformungen lassen sich Gleichung 8 und Gleichung 9 folgendermaßen vereinfachen:

$$\lambda^{(0)} = -\frac{1}{\sigma_n^2} \left( \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \} + \operatorname{Im} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \} \right) \quad (\text{Gl. 10})$$

$$\lambda^{(1)} = -\frac{1}{\sigma_n^2} \left( \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \} - \operatorname{Im} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \} \right). \quad (\text{Gl. 11})$$

Gleichung 10 und Gleichung 11 sind durch das Blockschaltbild in Fig. 6 realisiert. In Fig. 6 wird zunächst mittels eines Differenz-Decodierers 64 eine vorhandene Differenz-Codierung rückgängig gemacht. Das Ausgangssignal des Differenz-Decodierers wird dann in zwei Blöcke 66 und 68 eingespeist, wobei der Block 66 die Funktion implementiert, einen Realteil aus einer komplexen Zahl zu extrahieren, während der Block 68 die Funktion besitzt, ein Imaginärteil aus einer komplexen Zahl zu extrahieren. Entsprechend den Gleichungen 10 und 11 sind in Fig. 6 zwei Summierer 70, 72 gezeigt, die von den Blöcken 66, 68 kreuzweise bedient werden. Ausgangsseitig sind noch zur Durchführung der Multiplikation der Varianz des additiven Rauschens  $n(k)$  zwei Multiplikatoren 74, 76 vorgesehen, an deren Ausgang die erwünschten Log-Likelihood-Ratios für das erste Bit  $b(0)$  und das zweite Bit  $b(1)$  der zu bestimmenden empfangenen Informationssymbole ausgegeben werden.

Fig. 6 stellt damit eine fest verdrahtete Realisierung der Gleichungen 10 und 11 dar, um im bekannten Fall einer Signalkonstellation, wie sie in Fig. 3 gezeigt ist, bei einmaliger Übertragung einer Information eine Soft-Metrik-Berechnung durchführen zu können.

Auf die in den Gleichungen 1 bis 11 dargestellte Herleitung der Soft-Metrik-Berechnung für den bekannten Fall wird später Bezug genommen, um eine Soft-Metrik-Berechnung für den erfindungsgemäßen Fall herzuleiten, bei dem zwei Sendesymbole vom Sender gesendet und vom Empfänger empfangen werden, die beide auf dem gleichen Informationssymbol basieren.

Zunächst sei jedoch auf Fig. 7 Bezug genommen, das einen erfindungsgemäßen Empfänger darstellt, der nach dem Kohärenzprinzip arbeitet. Ein mit "Front-End" bezeichneter Block 78 umfaßt eine Empfangsantenne und bestimmte bekannte Signalverarbeitungen, wie z. B. eine Umsetzung auf eine Zwischenfrequenz, eine Filterung und ähnliches. Dem Block 78 ist ein Block 80 nachgeschaltet, der mit ADW für "Analog-Digital-Wandler" bezeichnet ist. Dieser Block soll eine "Down-Sampling"- und eine Filter-Operation sowie eine Analog-Digital-Wandlung veranschaulichen. Das am Front-End 78 empfangene HF-Signal wird somit auf das Basisband umgesetzt und von dem ADW 80 abgetastet. üblicherweise ist das Ausgangssignal des ADW ein komplexes Signal mit Realteil und Imaginärteil, wobei sowohl der Realteil als auch der Imaginärteil mit 8 Bit oder einer anderen durch den ADW bestimmten Wortbreite quantisiert sein können. Bezüglich der Notation in den Zeichnungen sei darauf hingewiesen, daß ein breiter Pfeil darstellt, daß hier komplexe Signale mit Real- und Imaginärteil laufen, während ein dünner Pfeil, der durch eine einzige Linie gezeichnet ist, veranschaulichen soll, daß hier lediglich entweder ein Real- oder ein Imaginärteil oder überhaupt ein Wert zu einem Zeitpunkt läuft.

Der quantisierten Abtastwertfolge, die von dem ADW 80 ausgegeben wird, wird durch einen Block 82, der mit Synchronisations- und Schutzintervall-Entfernung bezeichnet ist, sowohl die Synchronisationssequenz als auch die Schutzintervalle zwischen den MCM-Symbolen entzogen. Am Ausgang des Blocks 82 liegt somit ein MCM-Frame, der nur noch aus den MCM-Symbolen

besteht. Anschließend werden die MCM-Symbole eines nach dem anderen durch einen Block 84, der mit FFT bezeichnet ist und eine Fouriertransformation in den Frequenzbereich ausführt, in den Frequenzbereich transformiert. Am Ausgang des Blocks FFT liegt somit nach einer FFT-Operation das Spektrum eines MCM-Symbols an, wobei die einzelnen Spektralwerte oder Spektrallinien einen Realteil und einen Imaginärteil haben, wobei sowohl der Realteil als auch der Imaginärteil entsprechend der Bitbreite des ADW quantisiert sind. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel haben wie gesagt sowohl der Realteil als auch der Imaginärteil eine Wortbreite von 8 Bit.

Im kohärenten Fall, auf den sich Fig. 7 bezieht, wird nun in einem Block 86 die Phase jedes nach Real- und Imaginärteil vorliegenden Trägers, d. h. jeder Spektrallinie, auf für Fachleute bekannte Art und Weise geschätzt bzw. bestimmt. Am Ausgang des Blocks Phasenbestimmung 86 liegen daher zeitlich aufeinanderfolgende Phasenwerte an, die die Phasen der empfangenen Spektrallinien wiedergeben. Mittels eines ModM-Addierers 88 und eines Verzögerungsglieds 90, das um einen Taktzyklus verzögert, wird die im Sender eingeführte Differenz-Codierung rückgängig gemacht, d. h. es wird eine Differenz-Decodierung (64, Fig. 6) durchgeführt. Am Ausgang des Addierers 88 liegen somit Phasenwerte an, die das im Sender am Ausgang des Blocks 52 (Fig. 5) gebildete Informationssymbol darstellen sollen. Die Phasenwerte am Ausgang des Addierers 88 sind mit einer durch die Phasenbestimmungseinrichtung 86 gegebenen Quantisierung vorhanden. Selbstverständlich werden die Phasenwerte am Ausgang des Addierers 88 nicht genau  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  oder  $270^\circ$  betragen, sondern sie werden von den erwarteten Werten abweichen, da sowohl durch den Sender als auch durch den Empfänger und besonders durch den (Freiluft-) Übertragungskanal Phasenverzerrungen oder sonstige Störungen eingeführt worden sind.

Falls im Sender, der in Fig. 5 gezeigt ist, keine Kanalcodierung durchgeführt worden ist, d. h. der Kanalcodierer 50

nicht vorhanden war, können die Ausgangssignale des Addierers 88 in einen Entscheider eingegeben werden, der beispielsweise bestimmt, daß alle Phasenwerte unter  $45^\circ$  einer Phase von  $0^\circ$  entsprechen sollen, während alle Phasenwerte über einer Phase von  $45^\circ$  einer Phase von  $90^\circ$  für ein Informationssymbol entsprechen sollen. Eine solche einfache Entscheidung wird als "harte" Entscheidung bezeichnet. Eine solche harte Entscheidung kann jedoch zu vielen falschen Entscheidungen führen. Daher wurde im Kanalcodierer 50 bereits eine Faltungscodierung durchgeführt, die nun im Empfänger mittels eines Blocks Kanal-Decodierer 90 wieder rückgängig gemacht werden muß. Auf für Fachleute bekannte Art und Weise wird hierbei ein Viterbi-Algorithmus eingesetzt, wenn ein Faltungscode im Sender genommen wurde. Andere Algorithmen und Verfahren zum fehlersicheren Codieren im Sender und zum entsprechenden fehlersicheren Decodieren im Empfänger sind bekannt und müssen daher nicht weiter ausgeführt werden.

Aufgrund destruktiver Interferenzen oder ähnlicher Störungen des Übertragungskanals kann jedoch der Fall auftreten, daß auch trotz leistungsfähigster Kanalcodierung und Kanaldecodierung ein Informationsverlust auftritt. Um dem entgegenzuwirken, werden Informationen erfindungsgemäß zwei- oder mehrmals übertragen. Im einfachsten Fall liegen dann am Ausgang des Addierers 88 zu unterschiedlichen Zeitpunkten  $k_1$  und  $k_2$  bzw.  $k_n$  zwei bzw.  $n$  quantisierte Phasenwerte an. Wenn ein quantisierter Phasenwert von den beiden quantisierten Phasenwerten, die sich auf ein einziges Informationssymbol beziehen, im Empfänger ein relativ eindeutiges Ergebnis hat, während der andere ein eher zweideutiges Ergebnis hat, kann der andere Phasenwert vernachlässigt werden und die Phasenentscheidung auf dem einen mit relativ eindeutigem Ergebnis durchgeführt werden. Selbstverständlich wird entweder eine "harte" Entscheidung oder eine Kanal-Decodierung eingesetzt. Beim Mobilfunk wird eine Faltungscodierung im Sender und eine entsprechende Kanal-Decodierung im Empfänger vorteilhaft sein. Harte Entscheidungen können besonders beim Mobilempfang



zu einer Verschlechterung der Empfängerzuverlässigkeit führen.

Alternativ können die beiden Phasenwerte addiert und dann durch zwei geteilt werden, um mittels einer Mittelung eine zuverlässigere Entscheidung treffen zu können. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, am Eingang der Phasenbestimmungseinrichtung 86 die Amplitude der beiden empfangenen Sendesymbole, die bei der Phasendifferenzbildung beteiligt sind, um das Differenzsymbol zu ermitteln, festzustellen und den quantisierten Phasenwert bei der Entscheidung zu berücksichtigen, bei dem die empfangenen Sendesymbole vor der Differenzbildung die größeren Amplituden hatten. Eine weitere Möglichkeit zur Kombination der beiden empfangenen Sendesymbole, die auf dem gleichen Informationssymbol basieren, besteht in einer nach den beteiligten Amplituden ausgeführten Gewichtung und entsprechenden Mittelung. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung werden jedoch beide quantisierten Phasendifferenzen, die das Informationssymbol darstellen, als "soft-quantisierte" Phasenwerte verwendet und bei einer Kanal-Decodierung 90 mittels eines Viterbi-Algorithmus oder eines ähnlichen Algorithmus verwendet, um durch eine "weiche" Entscheidung eine Entscheidung mit einer geringeren Anzahl von Fehlentscheidungen zu erreichen.

Fig. 8 zeigt ein Blockschaltbild für einen erfindungsgemäßen Empfänger bei inkohärentem Empfang. Der in Fig. 8 schematisch dargestellte Empfänger entspricht bis zu Block FFT dem Empfänger von Fig. 7. Das Inkohärenz-Prinzip äußert sich jedoch bei dem Empfänger von Fig. 8 darin, daß keine Phasenbestimmungseinrichtung 86 (Fig. 7) vorhanden ist, sondern stattdessen ein Multiplizierer 92, ein Verzögerungsglied 90 und eine Einrichtung 94 zum Bilden eines konjugiert komplexen Wertes. Die Elemente 90, 92, 94 dienen bei dem in Fig. 8 gezeigten Empfänger dazu, die Differenzcodierung, die in einem Sender (Fig. 5) eingeführt worden ist, wieder rückgängig zu machen, um aus den empfangenen Sendesymbolen wieder auf das ursprüng-

lich gesendete Informationssymbol  $b(1) b(0)$  schließen zu können. Am Ausgang des Multiplizierers 92 steht dann das komplexe Produkt des aktuellen Sendesymbols und des konjugiert komplexen Sendesymbols vom letzten Takt.

Wenn die komplexe Notation nach Betrag und Phase verwendet wird, steht am Ausgang des Multiplizierers 92 ein Wert, der als Betrag die Multiplikation der Beträge des aktuellen Sendesymbols und des letzten Sendesymbols hat, und der als Phase die Differenz der Phasen des aktuellen und des letzten Sendesymbols aufweist. In dieser Phasendifferenz steckt die erwünschte Nutzinformation, da der Sender eine Differenz-Phasenumtastung mit den Sendesymbolen ausgeführt hatte. Im Gegensatz zum kohärenten Empfänger, der in Fig. 7 gezeigt ist, bei dem zum Bilden der Phasendifferenz lediglich eine ModM-Addition (88) erforderlich war, findet beim inkohärenten Empfänger gemäß Fig. 8 eine Multiplikation zweier komplexer Zahlen statt.

Da die Amplituden der Empfangssignale beim Mobilempfang üblicherweise relativ klein sind, wird die Amplitude des empfangenen Differenzsymbols am Ausgang des Multiplizierers 92 noch kleiner. Damit fällt jedoch wesentlich die Trefferrate bei der Entscheidung, ob es sich nun um einen der beispielsweise vier Phasenzustände handelt. Dazu sei kurz auf Fig. 3 verwiesen. Wenn das Sendesymbol  $b(1) b(0) = 00$  betrachtet wird, das im Sendefall eine Amplitude von 1 bzw. eine gewichtete Amplitude (Fig. 1) hat, ist zu sehen, daß die Phasenentscheidung immer unsicherer wird, je kleiner die Amplitude des empfangenen Sendesymbols wird. Im Extremfall, wenn die Amplitude derart klein wird, daß sie nahezu im Ursprung der komplexen Ebene liegt, ist keine Phasenentscheidung mehr möglich, obwohl das empfangene Differenzsymbol am Ausgang des Multiplizierers 92 bei der Berechnung sicherlich einen Phasenterm enthält. Dieser Phasenterm ist jedoch aufgrund der dann sehr geringen Amplitude nicht mehr signifikant und wird, wenn keine weiteren Vorkehrungen getroffen werden, nahezu zwangsläufig zu ei-

ner falschen Entscheidung führen. Erfindungsgemäß wird daher in Analogie zu der Metrikberechnung, die in den Gleichungen 1 bis 11 dargestellt worden ist, auch beim Empfang von zwei Sendesymbolen, die sich beide auf ein einziges Informationssymbol beziehen, eine Metrikberechnungseinheit 96 dem Multiplizierer 92 nachgeschaltet.

Im nachfolgenden wird auf die erfindungsgemäße Metrikberechnung 96 eingegangen. Bevor jedoch eine Ableitung der Log-Likelihood-Ratios für das erfindungsgemäße Konzept dargestellt wird, bei dem zwei Sendesymbole, die sich voneinander unterscheiden, die jedoch auf dasselbe Informationssymbol bezogen sind, übertragen werden, wird auf Fig. 9 Bezug genommen, um eine Übersichtsdarstellung in zeitlicher Hinsicht zu geben. Zu einem Zeitpunkt  $k_1$ , zu dem das erste Sendesymbol empfangen wird, bzw. zu dem aus dem ersten Sendesymbol das entsprechende Differenzsymbol berechnet wird, in dem die Nutzinformation steckt, wird eine erste Metrikberechnung 96a durchgeführt. Zum Zeitpunkt  $k_2$ , zu dem das zweite Sendesymbol empfangen wird, bzw. zu dem das entsprechende Differenzsymbol bei Differenzcodierung empfangen wird, wird auch für das zweite empfangene Sendesymbol eine Metrikberechnung 96b durchgeführt. Das Ergebnis der ersten Metrikberechnung 96a wird in einem Speicher 98 zwischengespeichert, um diesen Wert in der Zeitspanne zwischen  $k_1$  und  $k_2$  zu halten. Wenn die zweite Metrikberechnung 96b vollendet ist, wird das Ergebnis der ersten Metrikberechnung aus dem Speicher 98 ausgelesen und in einer Metrikkombinationseinrichtung mit dem Ergebnis der zweiten Metrikberechnung kombiniert. Wie es bereits erwähnt wurde, kann die Metrikkombination in einer einfachen Addition bestehen. Alternativ kann in der Metrikkombinationseinrichtung 100 auch eine Entscheidung durchgeführt werden, welche Metrik zuverlässiger ist, wobei dann die günstigere Metrik zur Weiterverarbeitung im Kanal-Decodierer 96 genommen wird, während die andere verworfen wird. Außerdem kann in der Metrikkombinationseinrichtung 100 auch eine gewichtete Addition durchgeführt werden, wobei Amplituden der empfangenen

Sendesymbole, die einem entsprechenden Differenzsymbol zugrunde liegen, berücksichtigt werden, um darauf schließen zu können, welche Metrik eher zuverlässig ist. Wenn empfangene Sendesymbole eine eher große Amplitude haben, so kann davon ausgegangen werden, daß sie korrekte Informationen tragen, wogegen dies bei empfangenen Sendesymbolen mit eher kleinen Amplituden nicht sicher ist. Das Ergebnis der Metrikkombinationseinrichtung 100 wird dann in einen Kanal-Decodierer 90 eingespeist, der dem Kanal-Decodierer 90 von Fig. 7 entspricht und bei Verwendung eines Faltungscodes im Kanalcodierer 50 (Fig. 5) einen Viterbi-Algorithmus und ähnliches implementiert.

Aus Fig. 9 ist ersichtlich, daß das erfindungsgemäße Konzept, das beispielhaft in Verbindung mit zwei Sendesymbolen gezeigt ist, die sich voneinander unterscheiden, die sich aber auf das gleiche Informationssymbol beziehen, ohne weiteres auf den Fall ausgedehnt werden, bei dem mehr als zwei Sendesymbole erzeugt werden, was zu einer nicht nur doppelten sondern mehrmaligen Übertragung eines einzigen Informationssymbols führt. Wenn beispielsweise eine vierfache Informationsübertragung angenommen wird, wie sie beim bevorzugten Ausführungsbeispiel angewendet wird, da der zweite Mapper 54 eine vierfache Erweiterung des Konstellationsdiagramms schafft, werden weitere Metrikberechnungseinheiten 96 und weitere Speicher 98 verwendet, wobei die Metrikkombinationseinrichtung 100 in diesem Fall vier Eingänge haben wird, um die Ergebnisse der einzelnen Metrikberechnungen zu den Zeitpunkten  $t_k$  kombinieren zu können. Je häufiger ein Informationssymbol erneut gesendet wird, umso höher wird die Anzahl der richtigen Entscheidungen im Kanal-Decodierer 90 sein. Je häufiger jedoch Informationen neu gesendet werden, umso stärker fällt selbstverständlich die Biteffizienz, die natürlich im Fall des einfachen Sendens am höchsten ist. Aufgrund der effektiven Komprimierungsalgorithmen, die beispielsweise in der MPEG-Standardfamilie implementiert sind, und aufgrund vorhandener schneller Schaltungen, die eine hohe Trägerfrequenz er-

lauben, die im unteren bis mittleren Gigahertzbereich liegt, ist jedoch die Übertragene Menge an Bits nicht so sehr entscheidend als die sichere Detektion. Besonders wenn daran gedacht wird, daß das erfindungsgemäße System für einen digitalen Rundfunk eingesetzt wird, ist eine sichere Erfassung mit einer minimalen Anzahl an falschen Entscheidungen wesentlich, damit ein derartiges Produkt am Markt Akzeptanz findet, und zwar besonders bei Übertragungskanälen mit schwieriger Topologie, wie z. B. in einer Großstadt mit vielen Wolkenkratzern. Besonders in Großstädten, und im Zentrum von Großstädten, welche besondere Herausforderungen für den digitalen Rundfunk darstellen, werden die meisten Kunden sein, weshalb eben dort ein fehlersicherer Empfang ohne Störungen Priorität hat.

Im nachfolgenden wird auf die Metrikberechnung, die in der ersten Metrikberechnungseinheit 96a und in der zweiten Metrikberechnungseinheit 96b ausgeführt wird, eingegangen. Es sei darauf hingewiesen, daß in der Praxis die erste Metrikberechnungseinheit 96a und die zweite Metrikberechnungseinheit 96b die gleiche Metrikberechnungsvorrichtung sein wird, da, wie es aus Fig. 9 deutlich ist, hier Metrikberechnungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgeführt werden.

Im nachfolgenden wird die schaltungstechnische Realisierung zur Berechnung der Log-Likelihood-Ratios im erfindungsgemäßen Fall des Sendens von zwei Sendesymbolen, die sich voneinander unterscheiden, die jedoch auf demselben Informationssymbol basieren, gleichungsmäßig hergeleitet.

Dazu seien zwei Paare  $r(k_1-1)$ ,  $r(k_1)$  bzw.  $r(k_2-1)$ ,  $r(k_2)$  von Empfangssymbolen betrachtet, wobei die Zeitpunkte  $k_1$  und  $k_2$  voneinander unterschiedlich sind. Zur Vereinfachung der Herleitung sei der Übergang zwischen den zugehörigen Sendesymbolen  $s(k_1-1)$  zu  $s(k_1)$  durch ein gemeinsames (Quell-) Bit (Index 1) repräsentiert. Das bedeutet, daß angenommen wird, daß das Bit  $i$  im Übergang von  $s(k_1-1)$  auf  $s(k_1)$  bzw. das Bit  $j$

im Übergang von  $s(k_2-1)$  auf  $s(k_2)$  identisch sind. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß Sendesymbole durch  $s(k)$  dargestellt sind, während Empfangssymbole durch  $r(k)$  dargestellt sind. ( $s$  = send;  $r$  = receive). Betrachtet man die beiden Empfangspaare unabhängig voneinander, so läßt sich wie im Fall von Fig. 6 die Wahrscheinlichkeit bzw. das Log-Likelihood-Ratio für das gesuchte Binärsymbol angeben. Dazu wird  $\varphi_1$  dem Empfangspaar  $r(k_1-1), r(k_1)$  und  $\varphi_2$  dem Empfangspaar  $r(k_2-1), r(k_2)$  zugeordnet. Sowohl für  $\varphi_1$  als auch für  $\varphi_2$  sind die Log-Likelihood-Ratios  $\lambda^{(1)}$  für das Bit  $i$  bzw. das Bit  $j$  folgendermaßen gegeben, wobei  $i$  0 oder 1 betragen kann, wenn das Informationssymbol  $b(1) b(0)$  aus 2 Bit besteht.

$$\lambda^{(i)}(k) = \ln \left\{ \frac{\text{Wahrscheinlichkeit, daß Bit } (b^{(i)} = 1)}{\text{Wahrscheinlichkeit, daß Bit } (b^{(i)} = 0)} \right\} \quad (\text{Gl. 12})$$

$$\lambda^{(i)}(k) = \ln \left\{ \frac{\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_1, \varphi_2] \mid l\text{-tes Bit} = 1\}} f(r(k_1), r(k_2) / s(k_1), s(k_2), \varphi_1, \varphi_2) \cdot \Pr\{\varphi_1, \varphi_2\}}{\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_1, \varphi_2] \mid l\text{-tes Bit} = 0\}} f(r(k_1), r(k_2) / s(k_1), s(k_2), \varphi_1, \varphi_2) \cdot \Pr\{\varphi_1, \varphi_2\}} \right\} \quad (\text{Gl. 13})$$

Sind die betrachteten Empfangspaare zeitlich relativ weit voneinander entfernt, so kann von unabhängigen Übertragungsbedingungen ausgegangen werden, was es ermöglicht, daß beide Ereignisse als statistisch unabhängig voneinander betrachtet werden. Dies lautet gleichungsmäßig folgendermaßen:

$$\Pr\{\varphi_1, \varphi_2\} = \Pr\{\varphi_1\} \cdot \Pr\{\varphi_2\} \quad (\text{Gl. 14})$$

Damit ergibt sich:

$$\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_1, \varphi_2] / i\text{-tesBit}=1\}} f(r(k_1), r(k_2) / s(k_1), s(k_2), \varphi_1, \varphi_2) =$$

$$\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_1] / i\text{-tesBit}=1\}} f(r(k_1) / s(k_1), \varphi_1) \cdot \sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_2] / j\text{-tesBit}=1\}} f(r(k_2) / s(k_2), \varphi_2) \quad (\text{Gl. 15})$$

Für das 1-te Bit ergeben sich somit folgende Gleichungen:

$$\lambda^{(1)} = \ln \left\{ \frac{\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_1] / i\text{-tesBit}=1\}} f(r(k_1) / s(k_1), \varphi_1) \cdot \Pr\{\varphi_1\} \cdot \sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_2] / j\text{-tesBit}=1\}} f(r(k_2) / s(k_2), \varphi_2) \cdot \Pr\{\varphi_2\}}{\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_1] / i\text{-tesBit}=0\}} f(r(k_1) / s(k_1), \varphi_1) \cdot \Pr\{\varphi_1\} \cdot \sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_2] / j\text{-tesBit}=0\}} f(r(k_2) / s(k_2), \varphi_2) \cdot \Pr\{\varphi_2\}} \right\}$$

(Gl. 16)

$$\lambda^{(1)} = \ln \left\{ \frac{\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_1] / i\text{-tesBit}=1\}} f(r(k_1) / s(k_1), \varphi_1) \cdot \Pr\{\varphi_1\}}{\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_1] / i\text{-tesBit}=0\}} f(r(k_1) / s(k_1), \varphi_1) \cdot \Pr\{\varphi_1\}} \right\} +$$

$$\ln \left\{ \frac{\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_2] / j\text{-tesBit}=1\}} f(r(k_2) / s(k_2), \varphi_2) \cdot \Pr\{\varphi_2\}}{\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_2] / j\text{-tesBit}=0\}} f(r(k_2) / s(k_2), \varphi_2) \cdot \Pr\{\varphi_2\}} \right\} \quad (\text{Gl. 17})$$

Aus Gleichung 16 und Gleichung 17 ist zu sehen, daß bei statistischer Unabhängigkeit eine einfache Addition der Log-Likelihood-Ratios für das entsprechende Bit des Informationssymbols durchgeführt werden kann:

$$\lambda^{(1)} = \lambda^{(i)} + \lambda^{(j)} \quad (\text{Gl. 18})$$

Bildlich ausgedrückt zeigt dieses Ergebnis Fig. 10. Eine Folge von Empfangssymbolen  $r[k_1, \dots, k_2, \dots]$  wird in einen Differenz-Decodierer eingespeist, der die Elemente 90, 92, 94 von Fig. 8 umfaßt. Das Ergebnis des Multiplizierers 92 wird dann wieder in eine Realteileinrichtung 66 und in eine Imaginärteileinrichtung 68 eingespeist, die wiederum zwei Summierer 70, 72 kreuzweise bedienen. Wenn das Informationssymbol,

das bestimmt werden soll, vom Sender zweimal gesendet worden ist, sind zwei Metrikkombinationseinrichtungen 100a, 100b nötig, um die Addition von Gleichung 16 zu realisieren. Am Ausgang stehen dann die Log-Likelihood-Ratios für das Informationssymbol, die mittels zweier Übertragungen desselben Informationssymbols ermittelt worden sind. Diese beiden Werte werden, wie es aus Fig. 8 ersichtlich ist, in einen Multiplexer 102 eingespeist, derart, daß ein Log-Likelihood-Ratio nach dem anderen in den Kanal-Decodierer 90 eingespeist wird, um dort die weiche Entscheidung beispielsweise mittels des Viterbi-Algorithmus durchführen zu können. Dies ist durch die einfache Verbindungslinie zwischen dem Multiplexer 102 und dem Kanal-Decodierer 90 wiedergegeben.

Im nachfolgenden wird beispielhaft auf die Signalkonstellation, die in Fig. 1 gezeigt ist, eingegangen, um die Ermittlung der Log-Likelihood-Ratios im Falle dieser "4-DAPSK" darzustellen. Die Phase kann einen der vier Zustände  $\{0, \varphi/2, \varphi, 3\varphi/2\}$  einnehmen. Für die Amplitudengewichtungen existieren 4  $c(i)$ ,  $i$  aus  $\{0, 1, 2, 3\}$ , wobei für eine praktische Anwendung folgende  $c_i$  genommen werden können:  $\{c(0), c(1), c(2), c(3)\} = \{0,18, 0,35, 0,53, 0,71\}$ . Unter Verwendung der Definition, die in Gleichung 11 gegeben wurde, ergibt sich Gleichung 19, die in Analogie zu Gleichung 13 steht.

$$\lambda^{(i)}(k) = \ln \frac{\sum_{l-\text{tesBit}=1} f(r(k_1), r(k_2) / s(k_1), s(k_2), c^{(j)}, \varphi) \cdot \Pr\{c^{(j)}, \varphi\}}{\sum_{l-\text{tesBit}=0} f(r(k_1), r(k_2) / s(k_1), s(k_2), c^{(j)}, \varphi) \cdot \Pr\{c^{(j)}, \varphi\}} \quad (\text{Gl. 19})$$

Aufgrund der Tatsache, daß die Phase und die Amplitude voneinander unabhängige Variablen sind, kann Gleichung 14 analog geschrieben werden:

$$\Pr\{c^{(j)}, \varphi\} = \Pr\{c^{(j)}\} \cdot \Pr\{\varphi\} \quad (\text{Gl. 20})$$



Das Ergebnis für die Log-Likelihood-Ratios lautet ausgeschrieben folgendermaßen:

$$\lambda^{(i)}(k) = \ln \frac{\sum_{l-\text{tesBit}=1} f(r(k_1), r(k_2) / s(k_1), s(k_2), c^{(j)}, \varphi) \cdot \Pr\{c^{(j)}\} \cdot \Pr\{\varphi\}}{\sum_{l-\text{tesBit}=0} f(r(k_1), r(k_2) / s(k_1), s(k_2), c^{(j)}, \varphi) \cdot \Pr\{c^{(j)}\} \cdot \Pr\{\varphi\}} \quad (\text{Gl. 21})$$

Aus Gleichung 21 ist zu sehen, daß die Wahrscheinlichkeit  $\Pr\{c^{(j)}\}$  für den Empfang einer bestimmten gewichteten Amplitude eine multiplikative Gewichtung für die Log-Likelihood-Ratios darstellt. Die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion im Fall der dargestellten DQPSK wird daher berechnet aus der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für die DQPSK mit einer bestimmten Amplitude  $c^{(j)}$ , die dann mit  $\Pr\{c^{(j)}\}$  im Nenner und im Zähler von Gleichung 21 multipliziert wird. Dies bedeutet, daß die einzelnen Amplituden durch eine Gewichtung entsprechend ihrer Wahrscheinlichkeiten in den Log-Likelihood-Ratios erscheinen. Analoge Gleichungen sind für das Signalkonstellationsdiagramm von Fig. 2 auf der Basis der obigen Herleitung herleitbar.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die vorliegende Erfindung im Zusammenhang mit einem Modulations/Demodulationsverfahren für die Träger einer Multiträgermodulation-Übertragung und im besonderen Fall einer OFDM nützlich ist. Zum einen wird eine Vergrößerung der Signalkonstellation erreicht, und zum anderen wird durch mehrfache Abbildung der Informationen auf die Träger ein "Mapping Diversity"-Gewinn erzielt. Für das "Mapping Diversity" wird somit jedes Informationsbit mindestens zweimal gesendet. Vorzugsweise ist der Zeitabstand zwischen dem Senden der gleichen Information groß. In diesem Fall können die beiden Ereignisse als statistisch unabhängig voneinander gelten. Wenn jedoch der Übertragungskanal selbst betrachtet wird, so wird auch ein kleinerer Zeitabstand, bei dem die beiden Sendevorgänge nicht vollständig voneinander statistisch unabhängig angesehen werden können, ebenfalls zu einer Erhöhung der De-

tektionszuverlässigkeit führen, wenn der Kanal nur kurzen zeitlichen Schwankungen unterworfen ist.

Das "Demapping" oder Demodulieren im Fall des "Mapping Diversity" kann sowohl im kohärenten (Fig. 7) als im inkohärenten (Fig. 8) Fall verwendet werden. Die Metrikberechnung im Fall von "Mapping Diversity" wird in zwei Schritten durchgeführt. Der erste Metrik wird zum Zeitpunkt  $k_1$  berechnet und gespeichert. Zum Zeitpunkt  $k_2$  wird dann die zweite Metrik berechnet und anschließend mit der ersten Metrik kombiniert, wobei diese Kombination vorzugsweise als Addition ausgeführt wird. Das Ergebnis der Metrikkombination wird dann zum Kanal-Decodierer im Empfänger weitergegeben.

Im nachfolgenden wird zum Verständnis kurz auf die Log-Likelihood-Ratios eingegangen, bzw. wie dieselben im Kanal-Decodierer 90 ausgewertet werden. Aus Gleichung 11 beispielsweise ist zu sehen, daß der Wertebereich entsprechend der Logarithmus-Funktion zwischen  $-\infty$  bis  $+\infty$  reicht. Wenn ein Log-Likelihood-Ratio einen sehr negativen Wert hat, bedeutet dies, daß die Wahrscheinlichkeit, daß ein Bit eine 1 hat, sehr gering ist, und daß die Wahrscheinlichkeit, daß ein Bit eine 0 hat, sehr groß ist. In diesem Fall kann somit eine sehr sichere Entscheidung getroffen werden, daß das betrachtete Bit eben 0 ist. Wenn das Log-Likelihood-Ratio einen sehr großen Wert einnimmt, d. h. wenn das Argument des Logarithmus sehr groß wird, ist zu sehen, daß die Wahrscheinlichkeit, daß ein Bit 1 ist, eher groß ist, während die Wahrscheinlichkeit, daß ein Bit 0 ist, sehr gering ist. Dann kann eine sehr sichere Entscheidung getroffen werden, daß das Bit eine 1 hat. Für die weitere Decodierung im Kanal-Decodierer 90 werden daher die Bits  $b(0)$ ,  $b(1)$  durch die entsprechenden Log-Likelihood-Ratios ersetzt. Eine Auswertung der Log-Likelihood-Ratios könnte beispielsweise derart durchgeführt werden, daß festgelegt wird, daß alles, was unter 0,5 liegt, eine 0 ist, und daß alles, was über 0,5 liegt, eine 1 ist. Bereits wenn die Log-Likelihood-Ratios größer als 1

sind, kann davon gesprochen werden, daß eine sichere 1 vorliegt, während ein Wert unter 1 eine wenig sichere 1 darstellt.

Zur detaillierteren Erläuterung des in Fig. 5 dargestellten Senders gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sei nun Fig. 11 betrachtet. Fig. 11 zeigt wie Fig. 5 den ersten Mapper 52, den demselben nachgeschalteten zweiten Mapper 54 und einen Serien-Parallel-Wandler 53a. Wenn der Fall des Sendens von zwei Sendesymbolen, die sich auf dasselbe Informationssymbol beziehen, betrachtet wird, erzeugen die beiden Mapper zunächst das erste Sendesymbol  $b^1b^0c^0$  und dann das zweite Sendesymbol  $b^1b^0c^1$ . Diese beiden Sendesymbole werden seriell erzeugt und dann durch 53a parallelisiert. Das erste Sendesymbol läuft dann direkt in einen Parallel-Seriell-Wandler 53b, während das zweite Sendesymbol in einen Zeit-Interleaver eingespeist wird, um das Senden des zweiten Sendesymbols zu einem späteren Zeitpunkt zu erreichen. Der Zeit-Interleaver fügt das in denselben eingespeiste Sendesymbol nach einer vorzugsweise fest eingestellten Zeitdauer in den Sendebitstrom vor dem Differenz-Codierer 10, 12, 14 ein. Der Zeit-Interleaver kann ausgestaltet sein, um das zweite Sendesymbol zu einem späteren Zeitpunkt für denselben Träger wie beim ersten Sendesymbol vorzusehen, oder vorzugsweise einen anderen Träger zu nehmen, wie es bereits ausgeführt wurde.

Aus Fig. 11 wird ferner deutlich, daß bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Senders die Gewichtsreihenfolge fest eingestellt ist. Dies bedeutet, daß das erste Sendesymbol immer die Gewichtung  $c(0)$  hat, daß das zweite Sendesymbol immer die Gewichtung  $c(1)$  hat, daß das dritte Sendesymbol immer die Gewichtung  $c(2)$  hat, usw. Dies hat den Vorteil, daß der Empfänger bereits von vorneherein Kenntnis davon hat, welche Gewichtung ein empfangenes Symbol haben sollte, da die Gewichtsreihenfolge vorzugsweise fest vorgegeben ist.

Fig. 12 zeigt eine etwas detailliertere Darstellung des erfindungsgemäßen Empfängers aus Fig. 7 bzw. Fig. 8. Fig. 12 ist auch Fig. 9 ähnlich. Dem Differenz-Decodierer ist ein Serien-Parallel-Wandler 65 nachgeschaltet. Dieser speist zum einen die erste Metrikberechnungseinrichtung 96a und zum anderen einen Zeit-Deinterleaver 97, der die durch den Zeit-Interleaver 55 eingeführte zeitliche und optional kanalmäßige Verschachtelung wieder rückgängig macht. Dem Zeit-Deinterleaver 97 nachgeschaltet ist die zweite Metrikberechnungseinrichtung 96b. Die Metrikkombination wird bevorzugterweise durch Addition der zwei Einzel-Verhältnisse in der Metrikkombinationseinrichtung 100 ausgeführt, wie es bereits detailliert ausgeführt wurde.

Der Viterbi-Decodierer, der vorzugsweise in dem Kanaldecodierer enthalten ist, nimmt die beiden Ausgangssignale der Einrichtung 100 als Eingabe und berechnet die Metrik von einem Anfangszustand zu einem Endzustand in einem Trellisdiagramm. Der Weg mit maximaler Metrik ergibt dann neben der geschätzten Codefolge auch zugleich die geschätzte Informationsfolge. Im kohärenten Fall, in dem keine Log-Likelihood-Verhältnisse verwendet werden, werden die Empfangssignale zum Zeitpunkt  $k_1$  und  $k_2$  vor dem Eingang des Viterbi-Decodierers vorzugsweise addiert. Dies wird auch als Maximum Ratio Combining (MRC) bezeichnet.

Bezüglich der Kanaleigenschaften sei noch folgendes angemerkt. Selbstverständlich ist beim Senden der Kanal an sich unbekannt. Es ist jedoch notwendig, daß derselbe im Empfänger geschätzt wird. Diese Schätzung wird bei jeder praktischen Implementation anders ausfallen, da die Kanalschätzung vom System, vom Aufbau und von der verwendeten Kanalart abhängt. Bezüglich des Kanalrauschens wird primär das additive weiße Gauß'sche Rauschen (AWGN) betrachtet. Dabei ist zum einen die Verteilung des Rauschens und zum anderen das Verhältnis vom Signalpegel zum Rauschpegel bekannt. Diese Informationen wer-

den im Kanal-Decodierer für die weitere Decodierung benutzt. Wenn ein Faltungscode im Sender benutzt wird, wird ein Viterbi-Decodierer, wie es bereits öfters erwähnt wurde, im Empfänger verwendet. Für eine praktische Implementierung ist  $1/\sigma_n^2$  für alle Metrikinkremente identisch und damit für die Decodierung im Viterbi-Decodierer irrelevant. Wie es bereits auf Fig. 10 ersichtlich ist, kann daher  $1/\sigma_n^2$  ohne Verlust vernachlässigt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Senden von Informationssymbolen mit einer Mehrzahl von Trägern mit folgenden Schritten:

Erzeugen (52, 54) eines ersten Sendesymbols aus einem Informationssymbol;

Erzeugen (52, 54) eines zweiten Sendesymbols aus dem gleichen Informationssymbol, wobei sich das zweite Sendesymbol von dem ersten Sendesymbol unterscheidet;

Modulieren (56) des ersten Sendesymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem ersten Sendesymbol modulierten Trägers zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ); und

Modulieren des zweiten Sendesymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem zweiten Sendesymbol modulierten Trägers zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), wobei der zweite Zeitpunkt zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt liegt.

2. Verfahren zum Senden von Informationssymbolen mit einer Mehrzahl von Trägern, mit folgenden Merkmalen:

Erzeugen (52, 54) eines ersten Sendesymbols aus einem Informationssymbol;

Erzeugen (52, 54) eines zweiten Sendesymbols aus dem gleichen Informationssymbol, wobei sich das zweite Sendesymbol von dem ersten Sendesymbol unterscheidet;

Erzeugen (10, 12, 14) einer Differenz zwischen dem ersten Sendesymbol und einem demselben zeitlich vorausgehenden Sendesymbol, um ein erstes Differenzsymbol zu erhalten;

Erzeugen (10, 12, 14) einer Differenz zwischen dem zweiten Sendesymbol und einem demselben zeitlich vorausgehenden

den Sendesymbol, um ein zweites Differenzsymbol zu erhalten;

Modulieren (56) des ersten Differenzsymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem ersten Differenzsymbol modulierten Trägers zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ); und

Modulieren des zweiten Differenzsymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem zweiten Differenzsymbol modulierten Trägers zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), wobei der zweite Zeitpunkt zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem sich der mit dem ersten Sendesymbol bzw. Differenzsymbol modulierte Träger von dem mit dem zweiten Sendesymbol bzw. Differenzsymbol modulierten Träger unterscheidet.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Zeitspanne zwischen dem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ) und dem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ) derart lang ist, daß Übertragungen der mit den beiden Sendesymbolen bzw. Differenzsymbolen modulierten Träger über einen Übertragungskanal statistisch voneinander unabhängig sind.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das erste Sendesymbol einen einer vordefinierten Anzahl von Phasenzuständen in der komplexen Ebene einnehmen kann, und

bei dem das zweite Sendesymbol den gleichen Phasenzustand in der komplexen Ebene wie das erste Sendesymbol einnimmt, aber einen unterschiedlichen Amplitudenzustand aufweist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

bei dem das erste Sendesymbol einen einer vordefinierten Anzahl von Phasenzuständen in der komplexen Ebene einnehmen kann, und

bei dem das zweite Sendesymbol einen anderen Phasenzustand der komplexen Ebene wie das erste Sendesymbol einnimmt.

7. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem neben dem ersten und dem zweiten Sendesymbol zwei weitere Sendesymbole zu unterschiedlichen Zeitpunkten übertragen werden, die den gleichen Phasenzustand aus einer Anzahl von vier Phasenzuständen in der komplexen Ebene aber zueinander unterschiedliche Amplituden aus jeweils vier vorgegebenen Amplituden haben.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem vor dem Schritt des Modulierens (56) eine Phasenzuweisung (16) zu einem binären Symbol ausgeführt wird, und bei dem der Schritt des Modulierens (56) den Schritt des inversen Frequenztransformierens der Mehrzahl von phasenumgetasteten Träger in den komplexen Zeitbereich umfaßt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem N verschiedene Träger, N Informationssymbole, N erste Sendesymbole und N zweite Sendesymbole vorhanden sind, bei dem ein Mehrträgermodulations-Symbol (MCM-Symbol) das Resultat einer inversen Fouriertransformation der mit den Sendesymbolen bzw. Differenzsymbolen beaufschlagten N Träger umfaßt, und  
  
bei dem ein MCM-Frame eine Mehrzahl von MCM-Symbolen aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die N zweiten Sendesymbole, die den N Informationssymbolen entsprechen, zeitlich über mehrere MCM-Frames verteilt sind.



11. Verfahren zum Empfangen von Informationssymbolen, die mittels einer Mehrzahl von Trägern übertragen werden, wobei ein Informationssymbol durch ein erstes und ein zweites unterschiedliches Sendesymbol dargestellt ist, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten empfangen werden, mit folgenden Schritten:

Demodulieren (84) eines ersten Trägers, um ein erstes empfangenes Sendesymbol zu erhalten, zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ );

Speichern (98) des ersten empfangenen Sendesymbols bzw. von Informationen, die auf das erste empfangene Sendesymbol hinweisen;

Demodulieren (84) eines weiteren Trägers zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), um ein zweites empfangenes Sendesymbol zu erhalten; und

Verwenden des gespeicherten ersten empfangenen Sendesymbols bzw. der Informationen, die auf das erste empfangene Sendesymbol hinweisen, und des zweiten empfangenen Sendesymbols, um das Informationssymbol, das beiden empfangenen Sendesymbolen zugrunde liegt, zu ermitteln.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem der eine Träger und der weitere Träger voneinander unterschiedlich sind.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, bei dem die Sendesymbole Differenz-codiert sind, wobei ein Informationssymbol durch eine Differenz zweier zeitlich benachbarter Sendesymbole dargestellt ist, das ferner folgende Schritte aufweist:

Schätzen (86) der Phasen des ersten empfangenen Sendesymbols und eines dem ersten empfangenen Sendesymbol zeitlich vorausgehenden empfangenen Sendesymbols;

Bilden der Differenz der geschätzten Phasen, um eine erste empfangene Phasendifferenz zu erhalten, die auf das Informationssymbol hinweist;

Durchführen der Schritte des Schätzens und des Bildens der Differenz für das zweite empfangene Sendesymbol, um eine zweite empfangene Phasendifferenz zu erhalten, die auf das gleiche Informationssymbol hinweist;

Durchführen einer weichen Entscheidung aufgrund sowohl der ersten als auch der zweiten empfangenen Phasendifferenz, um einen ersten und einen zweiten Wert für das Informationssymbol zu erhalten; und

Bestimmen des Informationssymbols aus dem ersten und/oder zweiten Wert.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem statt des Schritts des Durchführens einer weichen Entscheidung folgender Schritt durchgeführt wird:

Durchführen einer harten Entscheidung aufgrund sowohl der ersten als auch der zweiten empfangenen Phasendifferenz, um einen ersten und zweiten Wert für das Informationssymbol zu erhalten.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, bei dem im Schritt des Bestimmens der Wert stärker berücksichtigt wird, bei dem die Amplituden seiner zugrunde liegenden empfangenen Sendesymbole, aus denen die Phasendifferenz bestimmt wurde, näher an einer vorbestimmten Schwelle lagen.

16. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, bei dem die Sendesymbole Differenz-codiert sind, wobei ein Informationssymbol durch eine Differenz zweier zeitlich benachbarter Sendesymbole dargestellt ist, das ferner folgende Schritte aufweist:

Multiplizieren eines ersten Empfangssymbols mit dem konjugiert komplexen Wert eines zeitlich vorausgehenden Empfangssymbols;

Multiplizieren eines zweiten Empfangssymbols mit dem konjugiert komplexen Wert seines zeitlich vorausgehenden Empfangssymbols;

Berechnen der Log-Likelihood-Ratios für jedes der Multiplikationsergebnisse; und

Bestimmen des Informationssymbols aus den ersten und zweiten Log-Likelihood-Ratios.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem im Schritt des Bestimmens die Log-Likelihood-Ratios stärker berücksichtigt werden, deren zugrunde liegendes Multiplikationsergebnis einen höheren Betrag hatte.
18. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem im Schritt des Bestimmens die Log-Likelihood-Ratios beider Multiplikationsergebnisse addiert werden, um für jedes Bit des Informationssymbols ein Log-Likelihood-Ratio zu erhalten.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, bei dem die Log-Likelihood-Ratios für die Bits des Informationssymbols einem Viterbi-Decodieralgorithmus zugeführt werden, um die Bits des Informationssymbols im Empfänger zu bestimmen.

20. Vorrichtung zum Senden von Informationssymbolen mittels einer Mehrzahl von Trägern, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung (52, 54) zum Erzeugen eines ersten und eines zweiten Sendesymbols aufgrund eines einzigen Informationssymbols, wobei sich das erste und das zweite Sendesymbol voneinander unterscheiden;

einer Einrichtung (56) zum Modulieren des ersten und des zweiten Sendesymbols auf einen ersten und einen zweiten Träger; und

einer Einrichtung (62) zum Senden des modulierten ersten Sendesymbols zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ) und des modulierten zweiten Sendesymbols zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), wobei der zweite Zeitpunkt zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt liegt.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, bei dem der erste Träger und der zweite Träger voneinander unterschiedlich sind.

22. Vorrichtung nach Anspruch 20 oder 21, bei dem die Einrichtung (52, 54) zum Erzeugen ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Gruppierungseinrichtung (52) zum Gruppieren einer Mehrzahl von Bits, um ein Informationssymbol zu bilden; und

eine Änderungseinrichtung (54) zum Ändern des ersten und/oder zweiten Sendesymbols unabhängig von einer Information, die durch das Informationssymbol repräsentiert ist.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 22, bei der die Einrichtung (52, 54) zum Erzeugen mehr als zwei Sen-

desymbole erzeugt, die sich untereinander unterscheiden;  
und

bei der die Einrichtung (56) zum Modulieren mehr als zwei  
Sendesymbole auf jeweilige Träger moduliert; und

bei der die Einrichtung (62) zum Senden die mehr als zwei  
Sendesymbole zu jeweils unterschiedlichen Zeitpunkten  
sendet.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 23, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Differenz-Codiereinrichtung (10, 12, 14) zum Erzeugen von Differenzsymbolen zwischen den Sendesymbolen und den jeweils zeitlich vorausgehenden Sendesymbolen.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 24, die ferner folgende Merkmale aufweisen:

eine Einrichtung (16) zum Zuordnen der zu modulierenden Symbole zu einem Phasenwert aus einer vordefinierten Anzahl (M) von Phasenwerten.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 25, bei der die Einrichtung (56) zum Modulieren eine inverse schnelle Fouriertransformation zum parallelen Modulieren einer Vielzahl von Sendesymbolen bzw. Differenzsymbolen auf die Vielzahl von Trägern umfaßt, um ein MCM-Symbol zu erzeugen.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 26, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Kanalcodiereinrichtung (50) zum Faltungscodieren von Informationswörtern, um Bits für die Informationssymbole zu erzeugen.

28. Vorrichtung nach Anspruch 26 oder 27, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (58) zum Einfügen eines Schutzintervalls zwischen zwei MCM-Symbole; und

eine Einrichtung (60) zum Einfügen einer Synchronisationssequenz, um einen MCM-Frame zu bilden.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (62) zum Modulieren eines MCM-Frames auf einen HF-Träger; und

eine Antenne (62) zum Senden des modulierten HF-Trägers.

30. Vorrichtung zum Empfangen von Informationssymbolen, die mittels einer Mehrzahl von Trägern übertragen werden, wobei ein Informationssymbol durch ein erstes und ein zweites unterschiedliches Sendesymbol, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten empfangen werden, dargestellt ist, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung (84) zum Demodulieren der modulierten Träger zu jeweiligen Zeitpunkten ( $k_1$ ,  $k_2$ ), um ein erstes und ein zweites empfangenes Sendesymbol zu erhalten; und

einer Einrichtung (90, 96; 96, 100) zum Verwenden der beiden empfangenen Sendesymbole, um das Informationssymbol, das den beiden empfangenen Sendesymbolen zugrunde liegt, zu ermitteln.

31. Vorrichtung nach Anspruch 30, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Differenz-Decodiereinrichtung (88, 90; 90, 92, 94) zum Bilden einer Phasendifferenz zwischen zwei zeitlich aufeinanderfolgende demodulierten empfangenen Sendesymbolen.

32. Vorrichtung nach Anspruch 31, bei der die Differenz-Decodiereinrichtung (90, 92, 94) eine Multiplikationseinrichtung (92), eine Verzögerungseinrichtung (90) und eine Einrichtung (94) zum Bilden eines konjugiert komplexen Wertes aufweist.

33. Vorrichtung nach Anspruch 31, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (96a, 96b) zum Berechnen der Log-Likelihood-Ratios für die Multiplikationsergebnisse; und

eine Einrichtung (100) zum Kombinieren der Log-Likelihood-Ratios der Multiplikationsergebnisse, die sich auf die beiden empfangenen Sendesymbole beziehen, um das Informationssymbol zu erhalten.

34. Vorrichtung nach Anspruch 33, bei der die Einrichtung zum Kombinieren (100) angeordnet ist, um die Log-Likelihood-Ratios, die sich auf das erste und das zweite empfangene Sendesymbol beziehen, zu addieren, wobei die Vorrichtung ferner folgendes Merkmal aufweist:

eine Kanaldecodiereinrichtung (90), die einen Viterbi-Decodierer umfaßt.

35. Vorrichtung nach Anspruch 30, bei der ein Informationssymbol durch eine Differenz zwischen dem ersten Symbol und dem zeitlich vorausgehenden Sendesymbol sowie durch eine Differenz zwischen dem zweiten Sendesymbol und dem zeitlich vorausgehenden Sendesymbol übertragen wird, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (86) zum Schätzen der Phase jedes empfangenen Sendesymbols; und

eine Einrichtung (88, 90) zum Bilden der Differenz zwischen der Phase des empfangenen Sendesymbols und der Phase des zeitlich vorausgehenden empfangenen Sendesymbols, um einen empfangenen Phasendifferenzwert für jedes Sendesymbol zu erhalten.

36. Vorrichtung nach Anspruch 35, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (90) um Erhalten des Informationssymbols durch weiche Entscheidung aufgrund des empfangenen Phasendifferenzwerts mittels eines Viterbi-Algorithmus.

37. Vorrichtung nach Anspruch 35, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Schwellenentscheidungseinrichtung zum Erhalten des Informationssymbols zum Vergleichen der empfangenen Phasendifferenzwerte für das erste und das zweite empfangene Sendesymbol mit einer harten Schwelle; und

eine Einrichtung zum Kombinieren der Ergebnisse der Schwellenentscheidungseinrichtung für das erste und das zweite empfangene Sendesymbol, um das Informationssymbol zu erhalten.



**Verfahren und Vorrichtung zum Senden von Informations-  
symbolen mittels einer Mehrzahl von Trägern und Verfahren  
und Vorrichtung zum Empfangen von Informationssymbolen**

**Zusammenfassung**

Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zum Senden von Informationssymbolen mittels einer Mehrzahl von Trägern wird ein erstes Sendesymbol aus einem Informationssymbol erzeugt (52, 54). Ferner wird ein zweites Sendesymbol aus dem gleichen Informationssymbol erzeugt (52, 54), wobei sich das zweite Sendesymbol von dem ersten Sendesymbol unterscheidet. Das erste und das zweite Sendesymbol werden auf Träger moduliert (56) und zu unterschiedlichen Zeitpunkten gesendet (62). Verfahren und Vorrichtungen zum Empfangen von Informationssymbolen, die durch das erste und das zweite Sendesymbol dargestellt sind, verwenden beide empfangene Sendesymbole, um auf das beiden Sendesymbolen zugrunde liegende Informationssymbol schließen zu können.

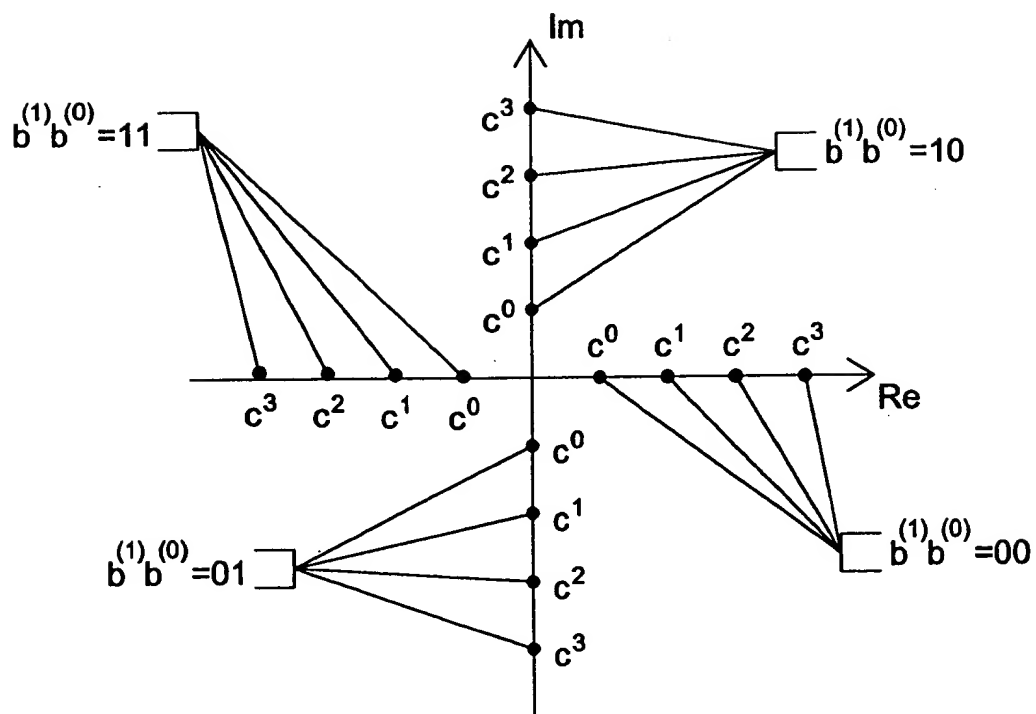


Fig. 1

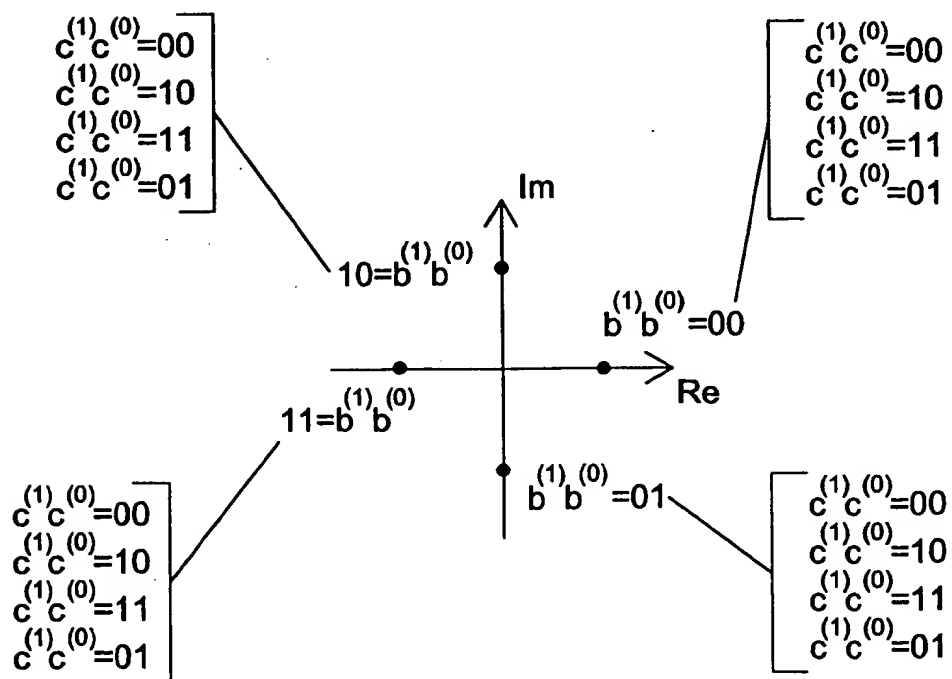


Fig. 2

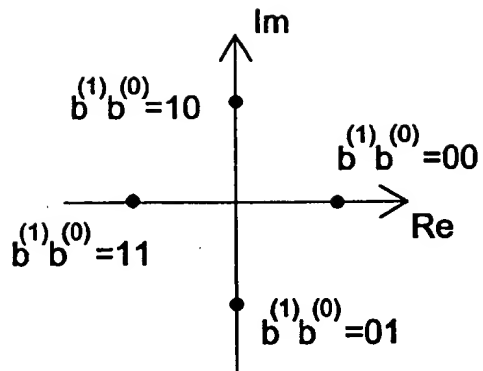


Fig. 3

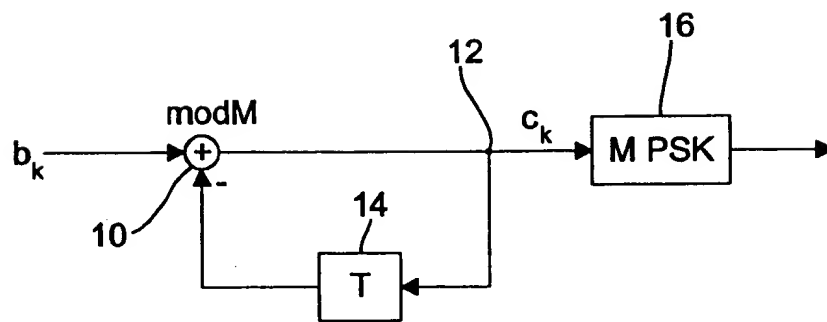


Fig. 4

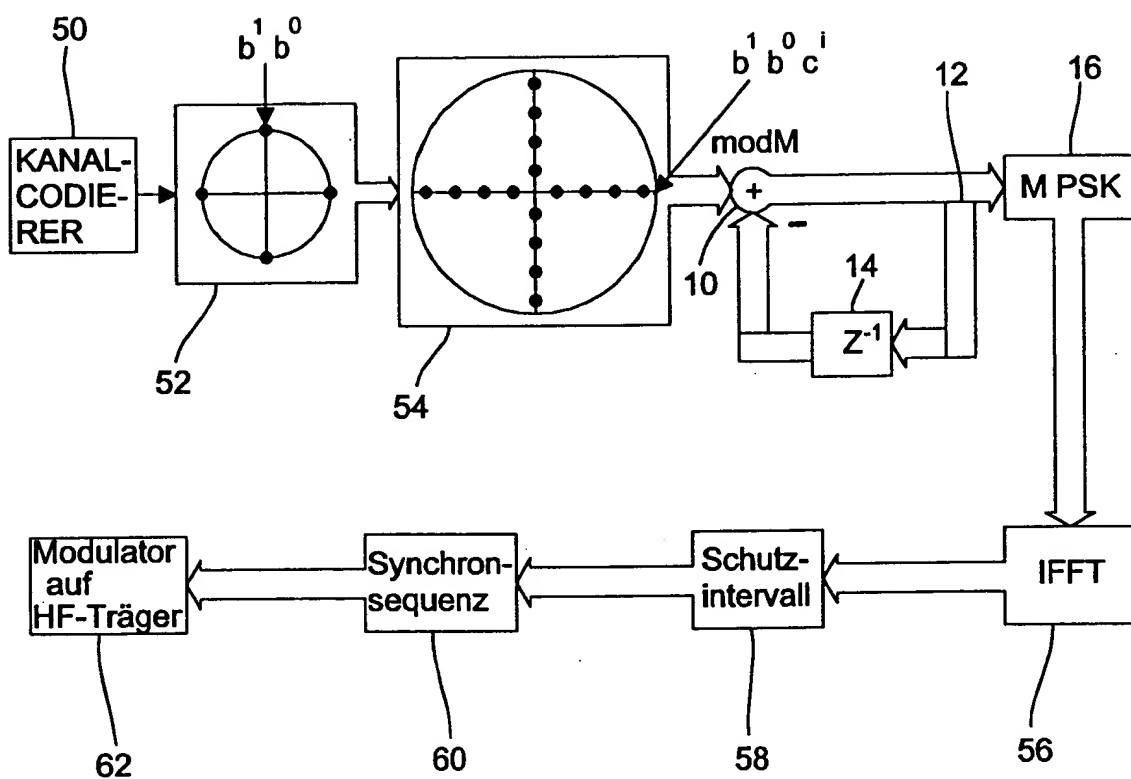


Fig. 5

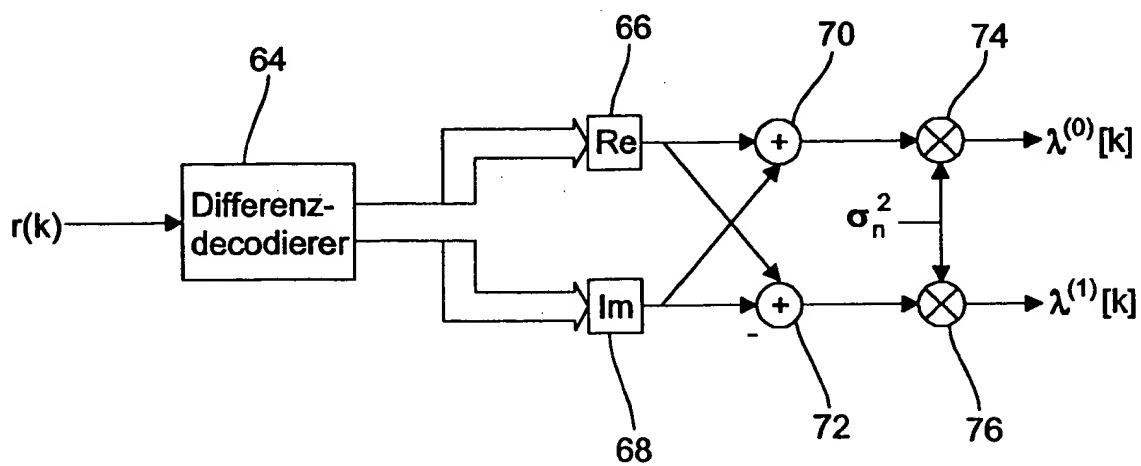


Fig. 6

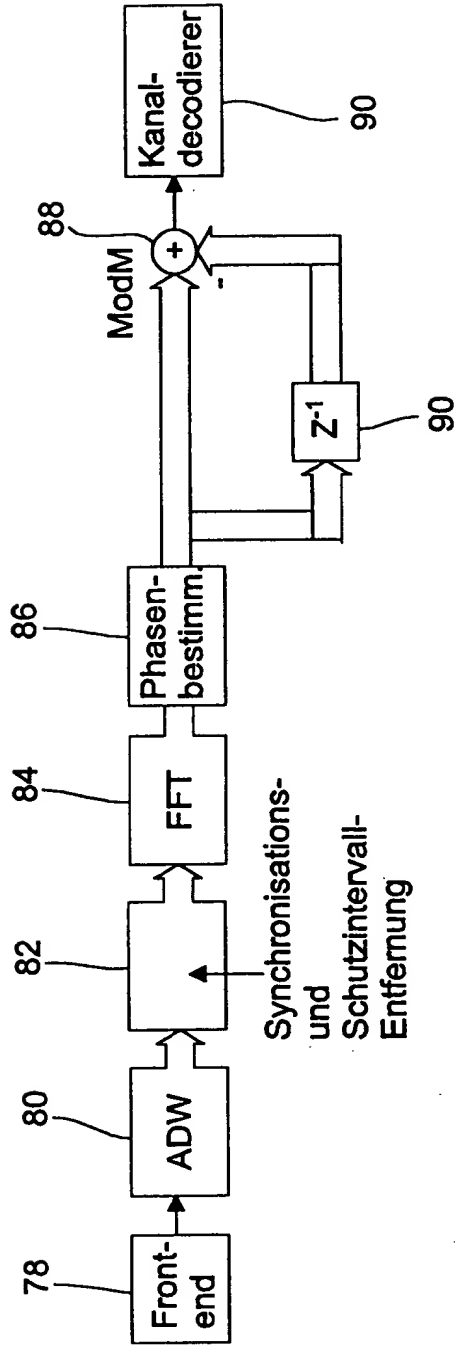


Fig. 7

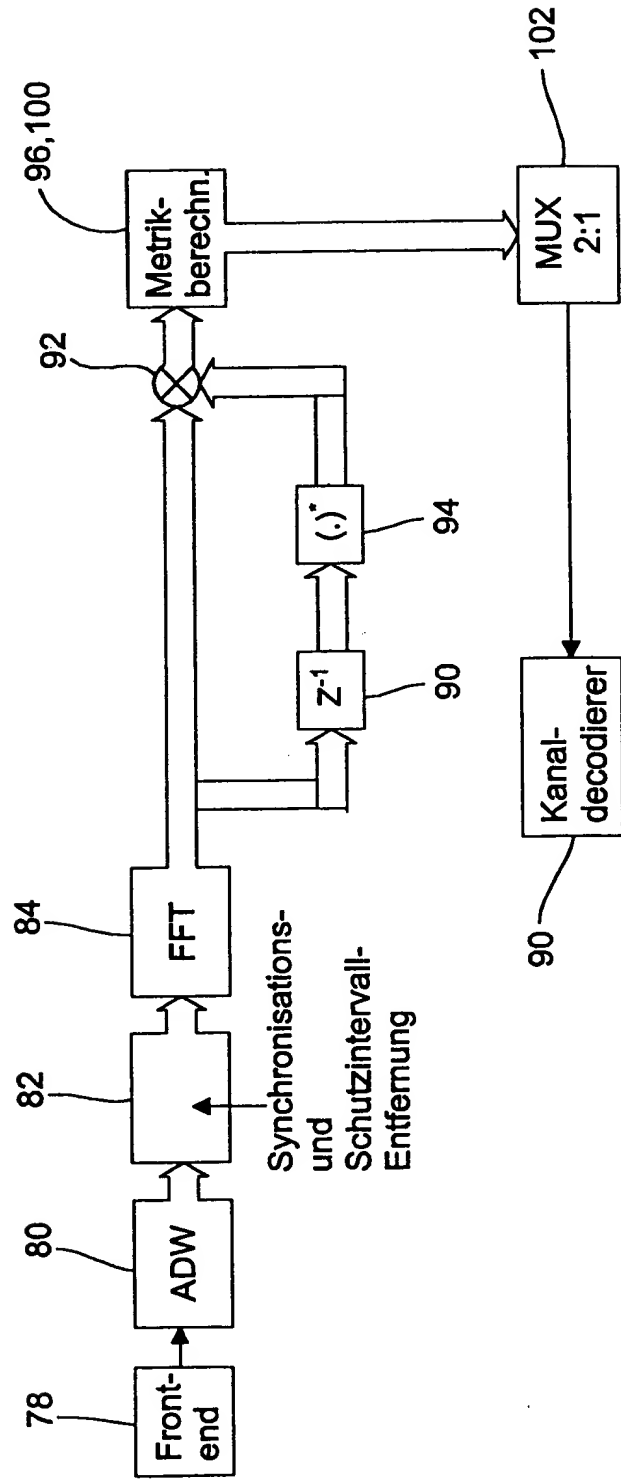


Fig. 8

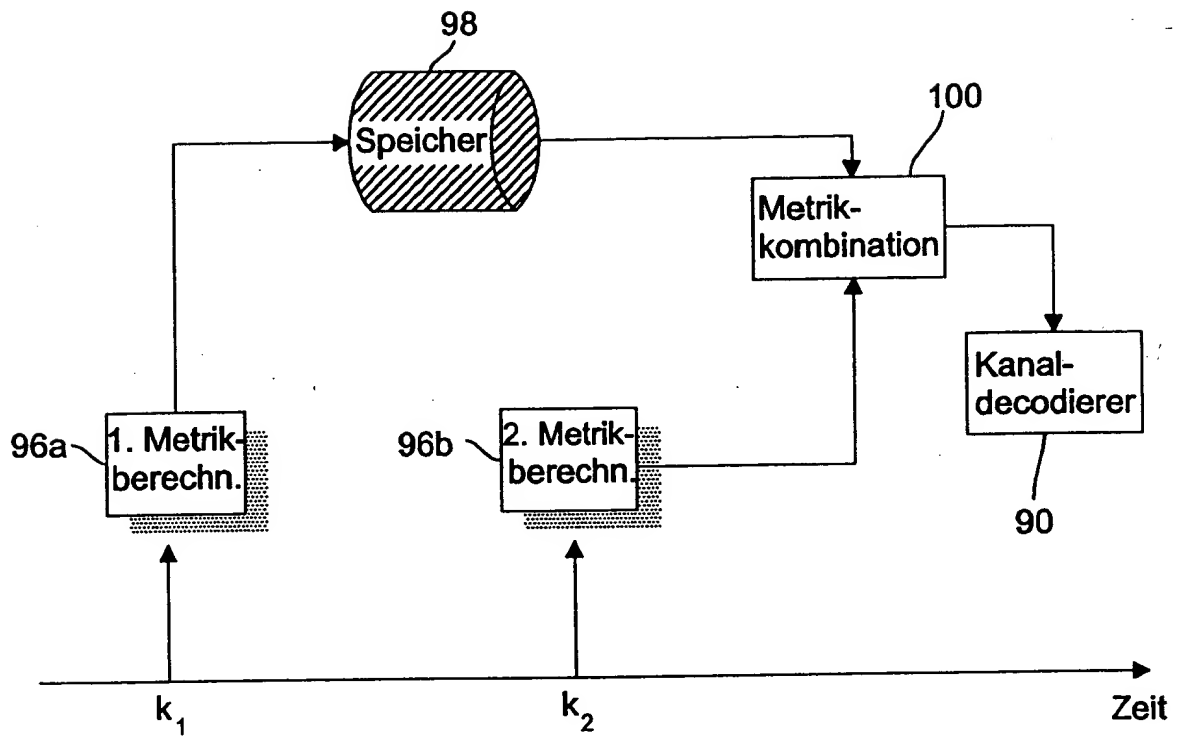


Fig. 9

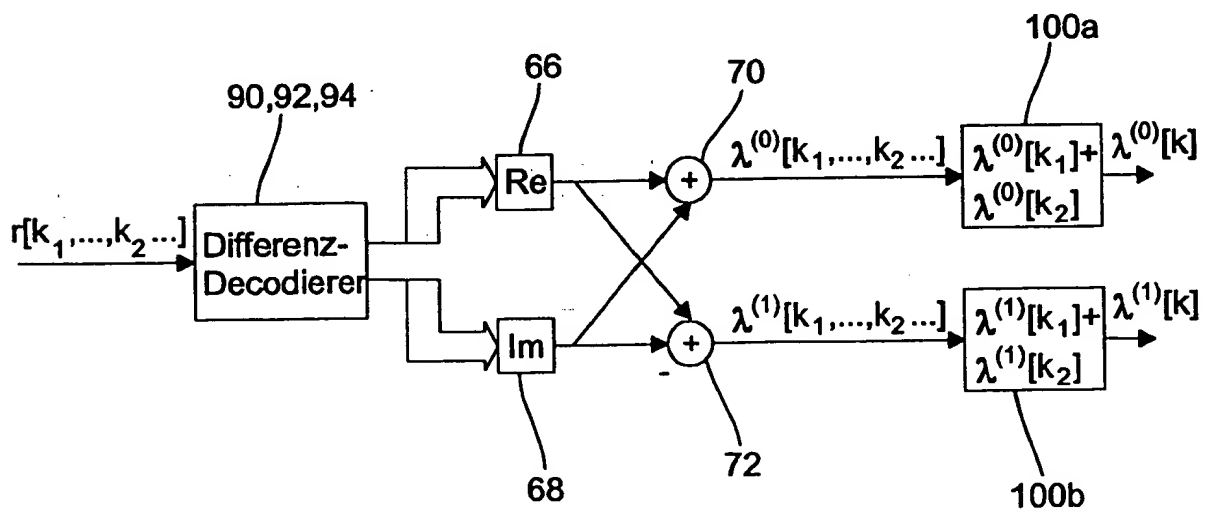


Fig. 10

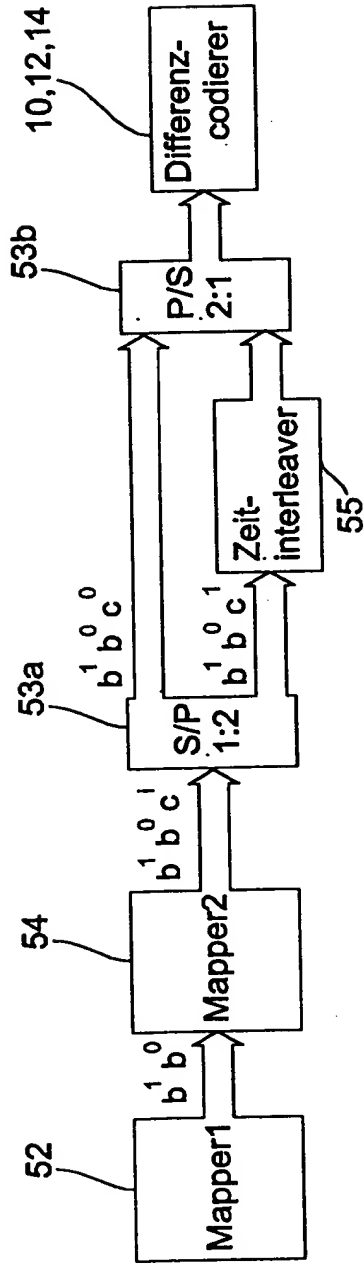


Fig. 11

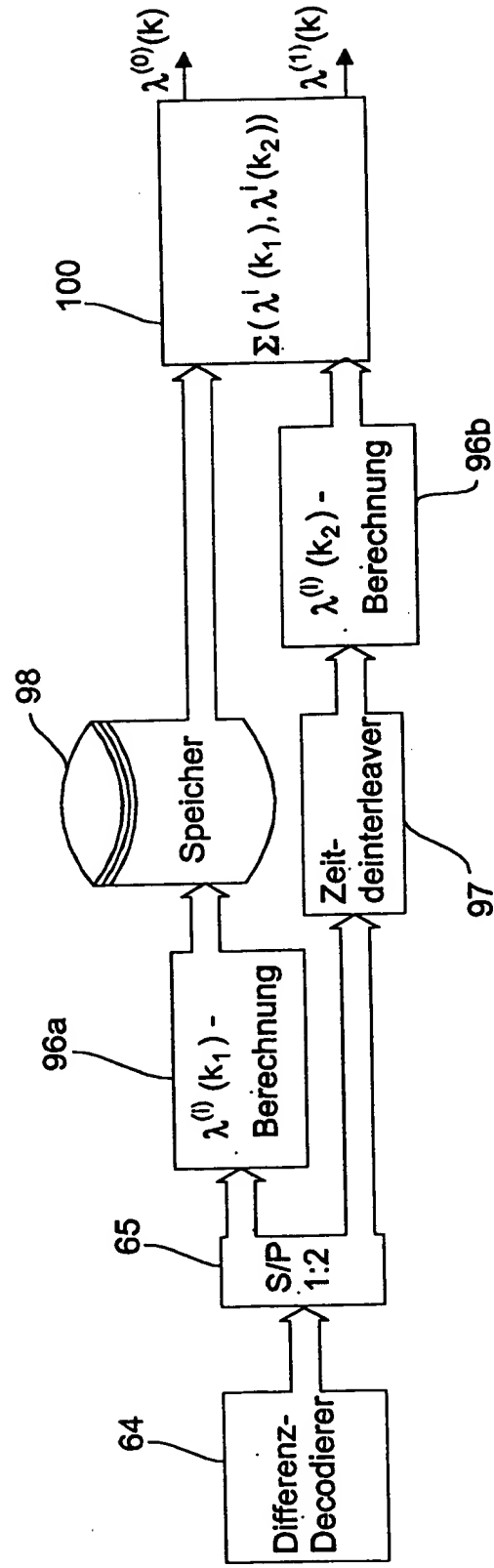


Fig. 12

**Verfahren und Vorrichtung zum Senden von Informationssymbolen  
mittels einer Mehrzahl von Trägern und Verfahren und Vorrich-  
tung zum Empfangen von Informationssymbolen**

**Beschreibung**

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Systeme für den digitalen Rundfunk und insbesondere auf Systeme für den digitalen Rundfunk, die trotz sich frequenzmäßig und zeitlich ändernder Übertragungskanäle einen zuverlässigen Empfang gewährleisten.

Satellitengestützte Rundfunksysteme liefern lediglich in ländlichen Gebieten eine adäquate Grundversorgung. In dicht bebauten Gebieten, in denen die Satelliten nicht lückenlos empfangbar sind, muß daher zusätzlich ein terrestrisches "Rebroadcasting" eingesetzt werden. Dies bedeutet, daß das Satellitensignal von einem festen auf den Satelliten gerichteten Empfänger empfangen und umgesetzt wird, um über terrestrische Sender wieder abgestrahlt zu werden. Signale dieser terrestrischen Sender können dann von mobilen Empfängern, wie z. B. Autoradios, empfangen werden.

Für den digitalen Rundfunk können Musikstücke oder Sprachsequenzen beispielsweise entsprechend ISO MPEG Layer 3 codiert werden. Solche Redundanz-reduzierenden Codierungsarten begrenzen die erhebliche digitale Informationsmenge, die zu übertragen ist. Ein beispielsweise MPEG-codiertes Stück wird dann vorzugsweise im Sender kanalcodiert, um bereits hier eine gewisse Fehlersicherheit zu erreichen. Algorithmen für die Fehlersicherung umfassen z. B. einen Reed-Solomon-Code und einen Faltungscode. Für die Decodierung des Faltungscode im Empfänger wird üblicherweise Symbol-by-Symbol-MAP oder der Viterbi-Algorithmus, der nach dem Prinzip der Maximum-Likelihood-Schätzung arbeitet, eingesetzt.



Für das terrestrische Rebroadcasting wird es bevorzugt, größere Städte über ein sogenanntes Gleichwellennetz (SFN; SFN = Single Frequency Network) zu versorgen. Dies bedeutet, daß Gebiete, die mit einem einzelnen Sender nicht versorgt werden können, mittels mehrerer Sender "abgestrahlt" werden, die das identische Signal synchron abstrahlen.

Implementationen eines SFN, sowie der beschriebenen Fehlersicherungs-codierungen im Sender und der entsprechenden Decodierungen im Empfänger sind für Fachleute bekannt. Bezüglich verschiedener Kanalcodierungsmöglichkeiten sei beispielsweise auf "Channel Coding with Multilevel/Phase Signals", von Gottfried Ungerboeck, IEEE Transactions on Information Theory, Bd. IT-28, Nr. 1, Seiten 55-66, Januar 1982, verwiesen.

Als Modulation kann bei solchen Systemen eine Mehrträgermodulation oder "Multi-Carrier-Modulation" (MCM) eingesetzt werden. Die Mehrträgermodulation kann beispielsweise durch eine sogenannte OFDM-Modulation (OFDM = Orthogonal Frequency Division Multiplex) implementiert werden.

Bei der OFDM-Modulation wird zunächst aus einem Abschnitt oder Block einer Eingangsbitfolge ein OFDM-Symbol gebildet. Dazu wird eine Bitfolge auf eine andere Zahlenfolge abgebildet. Dieses Abbilden wird in der Technik auch als "Mapping" bezeichnet. Im einfachsten Fall besteht das Mapping darin, daß zwei aufeinanderfolgende Bits der Eingangsfolge zusammengefaßt werden, um ein Dibit, d. h. ein digitales Wort der Länge zwei Bit, zu erhalten. Entsprechend der Anzahl der vorhandenen Träger werden nun so viele digitale Worte parallel gespeichert, wie Träger vorhanden sind. Dieses parallele Anordnen entspricht dem Bilden eines komplexen Spektrums, wobei jedes digitale Wort, d. h. jedes Dibit beim Beispiel, die komplexe Darstellung eines Trägers der Vielzahl von Trägern darstellt. Um dieses Spektrum zu übertragen, wird es mittels einer inversen Fouriertransformation, die als diskrete Fouriertransformation (DFT) oder als schnelle Fouriertransformation

tion (FFT) realisiert ist, in den Zeitbereich transformiert. Das Ergebnis einer Transformation eines Spektrums aus einer Vielzahl von Dibits oder Informationssymbolen wird auch als MCM-Symbol bezeichnet. Dieses MCM-Symbol kann vorzugsweise im Zeitbereich um ein Schutzintervall erweitert werden, damit keine Zwischensymbolstörung (ISS; ISS = Inter Symbol Interference) auftritt. Mehrere MCM-Symbole, zwischen denen jeweils ein Schutzintervall oder "Guard Interval" eingefügt ist, können zu einem MCM-Frame zusammengefaßt werden, der zur Synchronisation des Empfängers mit einer Synchronisationssequenz versehen wird. Der MCM-Frame besteht damit aus mehreren MCM-Symbolen, zwischen denen jeweils ein Schutzintervall vorhanden ist, und einer Synchronisationssequenz. Das Schutzintervall sollte zeitlich so lange bemessen werden, daß in einem SFN-System ein mehrmaliger Empfang von anderen Sendern als dem nächstliegenden Sender, die alle synchron mit der gleichen Frequenz abstrahlen, zu keinem Verlust der Daten führt.

Bezüglich der OFDM-Modulation sei beispielsweise auf die Fachveröffentlichung "Data Transmission by Frequency-Division Multiplexing Using the Discrete Fourier Transform", von S. B. Weinstein u. a., IEEE Transactions on Communication Technology, Bd. COM-19, Nr. 5, Seiten 628-634, Oktober 1971, verwiesen. Bezüglich einer OFDM mit Kanalcodierung sei beispielsweise auf die Fachveröffentlichung "COFDM: An Overview", von William Y. Zou u. a., IEEE Transactions on Broadcasting, Bd. 41, Nr. 1, Seiten 1-8, März 1995, verwiesen.

Die Prinzipien der OFDM und der Kanalcodierung für die OFDM mittels Faltungscodes und der Kanaldecodierung mittels dem Viterbi-Algorithmus sind bekannt und in den genannten Veröffentlichungen detailliert dargestellt. Diese Aspekte müssen hier daher nicht eingehend erläutert werden.

Problematisch bei Mehrträgerübertragungssystemen (CM), zu denen auch die OFDM-Systeme gehören, ist die Tatsache, daß viele Träger bei einer Übertragung von Informationen über Mehr-

wegekanäle (nahezu) vollständig ausgelöscht werden können. Die Informationen, die über diese Träger übertragen werden, stehen somit am Empfänger nicht mehr zur Verfügung und können, wenn überhaupt, nur noch durch eine leistungsfähige Kanalcodierung wiedergewonnen werden.

Störungen des nicht idealen Übertragungskanals können beispielsweise in einem zusätzlichen Gauß'schen weißen Rauschen (AWGN; AWGN = Additive White Gaussian Noise), einer zeitabhängigen erhöhten Dämpfung des Übertragungskanals beispielsweise während des Fahrens im "Schatten" eines Hochhauses, einem frequenzselektiven Übertragungskanal, d. h. bestimmte Frequenzen werden stärker gedämpft als andere Frequenzen, oder (meistens) in einer Kombination der genannten Phänomene bestehen. Weiterhin finden aufgrund der üblicherweise stark inhomogenen Topologie des Übertragungskanals, d. h. viele Bauwerke in einer Stadt, Reflexionen statt, die bei entsprechenden Laufzeitverhältnissen, wie es bereits erwähnt wurde, zu konstruktiven aber auch destruktiven Interferenzen führen werden. Diese Situation verschärft sich noch dadurch, daß zusätzlich zu dem Mehrwegeempfang, der aufgrund der unterschiedlichen Übertragungswege vorhanden ist, in einem SFN-System systembedingt Signale von anderen Sendern empfangen werden, die synchron zu einem bezüglich des Empfängers dominierenden Sender senden. Signale solcher Nebensender werden längere Laufzeiten zum Empfänger haben, ihre Amplituden können jedoch aufgrund konstruktiver Interferenzen durchaus in den Bereich der Empfangsamplitude vom dominierenden Sender kommen, besonders wenn derselbe seinerseits durch eine destruktive Interferenz stark gedämpft ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Konzept für einen digitalen Rundfunk zu schaffen, das eine fehlersichere Übertragung ermöglicht, selbst wenn der Übertragungskanal gestört ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Senden von Informationssymbolen nach Anspruch 1 oder 2, durch ein Verfahren zum Empfangen von Informationssymbolen nach Anspruch 11, durch eine Vorrichtung zum Senden von Informationssymbolen nach Anspruch 20 und durch eine Vorrichtung zum Empfangen von Informationssymbolen nach Anspruch 30 gelöst.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, Informationen dadurch zu schützen, daß sie zwei oder mehrmals übertragen werden. Wenn ein Träger zu einem bestimmten Zeitpunkt stark gestört oder sogar gelöscht ist, existiert immer noch die Möglichkeit, die gleichen Informationen von diesem Träger zu einem späteren Zeitpunkt wiederzugewinnen, wenn die Informationen zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal bzw. zu mehreren späteren Zeitpunkten erneut gesendet werden. Am effektivsten arbeitet das erfindungsgemäße Konzept dann, wenn die Informationen beim zweiten Mal nicht über den gleichen Träger sondern über einen anderen Träger erneut gesendet werden. Liegt die Kanalstörung nämlich nicht nur in einer vorübergehenden zeitlichen Störung, sondern in einer länger andauernden Störung bestimmter Träger durch destruktive Interferenz, so können die gestörten Informationen in den Trägern, die nahezu ausgelöscht sind, von anderen Trägern, die nicht besonders gestört sind bzw. sogar durch konstruktive Interferenz verstärkt worden sind, wiedergewonnen werden. Dies führt zu einem "Diversity-Effekt".

Erfindungsgemäß wird diese Mannigfaltigkeit oder Diversität durch eine Vergrößerung der Signalkonstellation erreicht, weshalb sie "Mapping Diversity" genannt wird. Wenn beispielsweise eine QPSK, d. h. eine quaternäre Phasenumtastung, betrachtet wird, besteht die Signalkonstellation aus vier unterschiedlichen Phasenwerten, mittels derer Informationen übertragen werden können. Bei einer QPSK hat jeder Phasenzeiger die gleiche Amplitude, die z. B. 1 oder 1,41 (Betrag des Realteils = Betrag des Imaginärteils = 1) betragen kann. Wie es noch weiter hinten detaillierter beschrieben werden wird,

führt eine Vergrößerung der Signalkonstellation gemäß der vorliegenden Erfindung zu einer Gewichtung der Amplitude eines Zeigers, d. h. daß ein erstes Sendesymbol, das auf einem Informationssymbol basiert, eine erste Amplitude hat, während ein zweites Sendesymbol, das auf demselben Informationssymbol basiert, jedoch zu einem späteren Zeitpunkt gesendet wird, eine andere Amplitude hat. Erfindungsgemäß werden daher Informationen nicht nur zweimal gesendet, sondern auch mittels unterschiedlicher Informationssymbole, die in der vergrößerten Signalkonstellation liegen, wobei im Unterschied der Sendesymbole jedoch keine Nutzinformation codiert ist, weshalb die Bitbandbreite des Systems durch dieses Verfahren nicht erhöht wird.

Erfindungsgemäß kann ein Empfänger, der ebenfalls die vergrößerte Signalkonstellation kennt, aufgrund der beiden zu unterschiedlichen Zeitpunkten empfangenen Sendesymbole, die sich auf dasselbe Informationssymbol beziehen, und aufgrund der Unterschiedlichkeit der empfangenen Sendesymbole mittels einer Kanaldecodierung zuverlässig die gesendeten Informationssymbole wiedergewinnen.

Die bevorzugte Modulationsart ist die Differenzphasenumtastung, die prinzipiell mit einer beliebigen Anzahl von Phasenzuständen implementiert sein kann (DMPSK), die jedoch bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel als DQPSK, d. h. mit vier Phasenzuständen oder Phasenzeigerstellungen, implementiert ist. Für einen kohärenten Empfang wird bei jedem empfangenen Informationssymbol die Phase geschützt. Die Differenz-Decodierung, d. h. das Bilden der Phasendifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden empfangenen Sendesymbolen, kann dann durch einen einfachen Subtrahiervorgang durchgeführt werden. Nachteilig an diesem Konzept ist der erhöhte Hardwareaufwand für die Phasenschätzung. Vorteilhaft ist jedoch ein hoher Empfangsgewinn.

Beim inkohärenten Empfang, der keine Phasenschätzung benötigt und daher hardwaremäßig einfacher ist, der aber bei nicht-mobilem Empfang einen etwa um 3 dB geringeren Empfangsgewinn als der kohärente Empfänger hat, wird zur Differenz-Decodierung das aktuelle empfangene Sendesymbol mit dem konjugiert komplexen Wert des zuletzt empfangenen Sendesymbols multipliziert. Bei mobilem Empfang ist der Empfangsgewinn geringer, da die Phasen z. B. aufgrund von Dopplerverschiebungen nicht so korrekt geschätzt werden kann. Das Ergebnis dieser komplexen Multiplikation besteht in der Multiplikation der Beträge und in der Subtraktion der Phasen der beiden Multiplikanden. In der Phasendifferenz steckt die erwünschte Nutzinformation. Bei der Kanaldecodierung im Empfänger wird jedoch auch die Amplitude dieses Multiplikationsergebnisses benötigt. Da zwei kleine Amplituden miteinander multipliziert werden, ist die Amplitude des Ergebnisses typischerweise eine noch kleinere Zahl. Kleine Amplituden führen jedoch, wie es durch eine Betrachtung der Signalkonstellation ersichtlich ist, zu einer immer schlechteren Entscheidungszuverlässigkeit. Erfindungsgemäß wird daher keine harte Entscheidung sondern eine "weiche" Entscheidung mittels der sogenannten "Log-Likelihood-Ratios" durchgeführt, um die Decodiererzuverlässigkeit zu erhöhen.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beigelegten Zeichnungen detaillierter erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Signalkonstellationsdiagramm für ein Beispiel einer erfindungsgemäß erweiterten Signalkonstellation;

Fig. 2 ein Signalkonstellationsdiagramm für ein weiteres Beispiel einer erfindungsgemäß erweiterten Signalkonstellation;

- Fig. 3 ein Signalkonstellationsdiagramm für eine übliche Phasenumtastung bzw. Differenz-Phasenumtastung;
- Fig. 4 ein Prinzipschaltbild für eine Phasenumtastung mit Differenzcodierung;
- Fig. 5 ein Sender für Informationssymbole gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 6 ein Blockschaltbild zum Berechnen der Zuverlässigkeitsmetrik für die DQPSK-Modulation von Fig. 4;
- Fig. 7 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Empfängers, der eine kohärente Decodierung implementiert;
- Fig. 8 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Empfängers, der eine inkohärente Decodierung implementiert;
- Fig. 9 ein Prinzipdiagramm zur Veranschaulichung der erfindungsgemäßen Metrikberechnung;
- Fig. 10 ein Blockschaltbild zur Implementation der Soft-Metrik-Berechnung;
- Fig. 11 ein detaillierteres Blockschaltbild für einen Teil des Senders von Fig. 5; und
- Fig. 12 ein detaillierteres Blockschaltbild für einen Teil des Empfängers von Fig. 7.

Zur Herleitung der erfindungsgemäßen Signalkonstellationen wird im nachfolgenden auf Fig. 3 Bezug genommen, die ein Signalkonstellationsdiagramm für eine übliche QPSK- oder DQPSK-Abbildung (DQPSK = Differential Quaternary Phase Shift Keying) zeigt. Das Signalkonstellationsdiagramm umfaßt vier Pha-

senzustände, die durch zwei Bits,  $b(1)$  und  $b(0)$ , dargestellt werden können. Aus Fig. 3 ist zu sehen, daß das binäre Wort 00 einer Phase von 0 Grad entspricht, daß das binäre Wort 01 einer Phase von 90 Grad ( $\pi/2$ ) entspricht, daß das binäre Wort 11 einer Phase von 180 Grad ( $\pi$ ) entspricht, und daß das binäre Wort 10 einer Phase von 270 Grad ( $3/2\pi$ ) entspricht. Daraus ist ersichtlich, daß in Fig. 3 wie in der gesamten vorliegenden Anmeldung eine Winkeldrehungskonvention im Uhrzeigersinn verwendet wird, die im Gegensatz zur trigonometrischen Winkeldrehung steht, die bekannterweise gegen den Uhrzeigersinn gerichtet ist.

Das Signalkonstellationsdiagramm von Fig. 3 kann sowohl für eine übliche Phasenumtastung als auch für eine Differenz-Phasenumtastung verwendet werden.

Fig. 4 zeigt ein Prinzipblockschaltbild zur Implementation einer Differenz-Phasenumtastung mit einer Anzahl  $M$  von Phasenzuständen (MPSK). Ein digitales Wort  $b_k$  zu einem Zeitpunkt  $k$ , das im allgemeinen Fall eine beliebige Anzahl von Bits haben kann, das bei der beschriebenen Implementation jedoch lediglich zwei Bits hat, um einen der in Fig. 3 gezeigten Phasenzustände darstellen zu können, wird in einen Summierer 10 eingespeist, der als Mod $M$ -Summierer ausgeführt ist. Dies bedeutet, daß das Ausgangssignal des Summierers immer eine Phase ergibt, die kleiner als 360 Grad ist. Dem Summierer nachgeschaltet ist eine Verzweigungsstelle 12, an der das Signal  $b_k$  zum Zeitpunkt  $k$  abgezweigt und in eine Verzögerungseinrichtung  $T$  14 eingespeist wird, wo  $b_k$  eine Periode verzögert wird. Im nächsten Zyklus wird ein neues  $b_k$  in den Summierer 10 eingespeist, und das  $b_k$  des letzten Zyklus, das nun als  $b_{k-1}$  bezeichnet wird, wird von  $b_k$  subtrahiert, um die Differenzphase zu erhalten, die durch  $c_k$  bezeichnet ist.  $c_k$  ist daher ein binäres Wort mit einer beliebigen Anzahl von Bits, deren Anzahl der Bitanzahl von  $b_k$  entspricht, wobei diesem Bitwort  $c_k$  nun in einem Block MPSK 16 ein Phasenwert zugeordnet wird. Obwohl bereits bei den Symbolen  $b_k$  bzw.  $b_{k-1}$



bzw.  $c_k$  von "Phasen" gesprochen wurde, stellen diese Symbole lediglich Bitworte dar, denen erst durch den Block MPSK 16 bestimmte Phasenwerte zugeordnet werden.

Im nachfolgenden wird auf Fig. 1 Bezug genommen, die eine erfindungsgemäß erweiterte Signalkonstellation wiedergibt. Jedes Symbol  $b(1) b(0)$  wird mit vier möglichen Amplitudenfaktoren  $c(i)$ ,  $i$  aus  $\{0, 1, 2, 3\}$ , gewichtet. Damit ergeben sich insgesamt 16 Möglichkeiten für die Signalkonstellation, die in Fig. 1 gezeigt ist. Diese Signalkonstellation ähnelt einer differenziellen Amplituden- und Phasen-Modulation (DAPSK), unterscheidet sich jedoch von einer echten DAPSK dadurch, daß durch die Amplitudenfaktoren  $c(i)$  keine Nutzinformationen übertragen werden, sondern daß durch verschiedene Amplitudengewichtungen  $c(i)$  unterschiedliche Sendesymbole erzeugt werden, die aber alle die gleiche Nutzinformation haben, die durch  $b(1) b(0)$  dargestellt ist. Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt die verschiedenen Möglichkeiten.

Tabelle 1

$c^{(i)}b^{(1)}b^{(0)}, \varphi = 0$	$c^{(i)}b^{(1)}b^{(0)}, \varphi = \frac{\pi}{2}$	$c^{(i)}b^{(1)}b^{(0)}, \varphi = \pi$	$c^{(i)}b^{(1)}b^{(0)}, \varphi = \frac{3\pi}{2}$
$c^{(0)}00$	$c^{(0)}10$	$c^{(0)}11$	$c^{(0)}01$
$c^{(1)}00$	$c^{(1)}10$	$c^{(1)}11$	$c^{(1)}01$
$c^{(2)}00$	$c^{(2)}10$	$c^{(2)}11$	$c^{(2)}01$
$c^{(3)}00$	$c^{(3)}10$	$c^{(3)}11$	$c^{(3)}01$

Fig. 2 zeigt ein weiteres Beispiel für eine erfindungsgemäße Vergrößerung der Signalkonstellation. Jedes Symbol  $(b(1) b(0))$  wird mit vier möglichen Symbolen  $(c(1), c(0)) = \{(00), (01), (11), (10)\}$  gewichtet. Damit ergeben sich folgende Möglichkeiten für die einzelnen Informationssymbole  $b(1) b(0)$ :

- $(b^{(1)} b^{(0)}) = \{00\}$

$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$
0000	0010	0011	0001

- $\{b^{(1)} b^{(0)}\} = \{01\}$

$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$
0100	0110	0111	0101

- $\{b^{(1)} b^{(0)}\} = \{11\}$

$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$
1100	1110	1111	1101

- $\{b^{(1)} b^{(0)}\} = \{10\}$

$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$
1000	1010	1011	1001

Die nachfolgende Tabelle 2 faßt diese Ergebnisse noch einmal zusammen. Es ist zu sehen, daß die vier Möglichkeiten zur Phasencodierung durch das Informationssymbol, das zwei Bit  $b(1)$ ,  $b(0)$  aufweist, auf 16 Möglichkeiten erweitert worden sind.

Tabelle 2

$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$	$(b^{(1)} b^{(0)} c^{(1)} c^{(0)})$
0000	0010	0011	0001
1000	1010	1011	1001
1100	1110	1111	1101
0100	0110	0111	0101

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß die erfindungsgemäße Erweiterung der Signalkonstellation nicht auf eine differenzielle Phasenumtastung begrenzt ist, sondern daß jedes beliebige Modulationsverfahren, z. B. eine Quadraturamplitudenmodulation (QAM), eine Phasenumtastung (PSK), eine Amplituden-Phasenumtastung (APSK) oder eine differenzielle Amplituden-Phasenumtastung (DAPSK), erfindungsgemäß erweitert werden kann, derart, daß ein zweites Sendesymbol aufgrund eines Informationssymbols erzeugt werden kann, das sich von einem ersten Sendesymbol unterscheidet, das ebenfalls auf dasselbe Informationssymbol bezogen ist. Wesentlich ist, daß die Vergrößerung der Signalkonstellation nicht dazu verwendet wird, mehr Informationen zu übertragen, sondern die gleichen Informationen noch mindestens einmal mehr zu übertragen. Dies bedeutet, daß bezugnehmend auf Fig. 1 in den unterschiedlichen Amplituden, die durch die unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren  $c(i)$  erzeugt werden können, keine Nutzinformation steckt. Die unterschiedlichen Amplituden werden von der Kanal-Decodierung verwendet, um zuverlässige Bitentscheidungen treffen zu können. Im Gegensatz zu dem erneuten Senden zweier identischer Informationssymbole erlaubt die erfindungsgemäß erweiterte Signalkonstellation am Empfänger z. B. die Unterscheidung der zwei Sendesymbole. Allgemein gesagt liefert die erfindungsgemäß erweiterte Signalkonstellation Flexibilität bezüglich der Gestaltung der Sendesymbole. Zur Übertragung der Nutzinformationen werden beim erfindungsgemäßen Verfahren weiterhin lediglich die Bits der Informationssymbole verwendet. Damit wird die Übertragungsbandbreite des Systems nicht beeinträchtigt.

Fig. 5 zeigt in Blockschaltbildform ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines Senders gemäß der vorliegenden Erfindung. Ein Kanalcodierer 50 führt im Stand der Technik bekannte Kanalcodierungsverfahren, die auf einem Faltungscode oder ähnlichem aufbauen, durch und liefert Bits zu einer ersten Ein-

richtung 52 zum Gruppieren von Bits, um Informationssymbole  $b(1)$   $b(0)$  zu erzeugen. Die Gruppierung von zwei Bit  $b(1)$   $b(0)$  führt dazu, die vier Phasenzustände des Signalkonstellationsdiagramm, das in Fig. 3 gezeigt ist, darstellen zu können. Die Einrichtung zum Gruppieren von Bits, um Informationssymbole zu erzeugen, wird auch als "erster Mapper" bezeichnet. Dem ersten Mapper 52 nachgeschaltet findet sich ein zweiter Mapper 54, der die erfindungsgemäße Erweiterung der Signalkonstellation zu einer erweiterten Signalkonstellation, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, durchführt. Selbstverständlich könnte der zweite "Mapper" auch die erweiterte Signalkonstellation implementieren, die in Fig. 2 dargestellt ist. Der zweite Mapper 54 stellt also eine Einrichtung zum Gewichten der von der Einrichtung 52 zum Gruppieren erzeugten Informationssymbole dar. Die beiden Einrichtungen 52 und 54 bilden somit zusammen eine Einrichtung zum Erzeugen eines ersten und eines zweiten Sendesymbols aufgrund eines einzigen Informationssymbols, wobei sich das erste und das zweite Sendesymbol voneinander unterscheiden. Das erste Sendesymbol könnte hierbei ein "unbehandeltes" Informationssymbol, das einfach durch die Einrichtung 54 durchgeschaltet wird, sein, während das zweite Sendesymbol ein "behandeltes" Informationssymbol sein könnte, das bei einem Ausführungsbeispiel in seiner Amplitude gewichtet ist. Alternativ können beide Informationssymbole durch die Gewichtungseinrichtung 54 gewichtet werden, und zwar mit zwei unterschiedlichen Faktoren  $c(i)$ . Am Ausgang der Einrichtung zum Gewichten 54 liegen somit zu unterschiedlichen Zeitpunkten unterschiedliche Sendesymbole an, die sich jedoch auf dasselbe Informationssymbol  $b(1)$   $b(0)$  beziehen.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird dann eine Differenzcodierung zweier zeitlich benachbarter Sendesymbole durchgeführt, wie sie bereits bezugnehmend auf Fig. 4 beschrieben wurde. Es ist jedoch offensichtlich, daß das erfindungsgemäße Verfahren zum Senden ebenso wie das erfindungsgemäße Verfahren zum Empfangen auch

ohne Differenzcodierung ausgeführt werden können, wobei in diesem Fall die Elemente 10, 12, 14 nicht vorhanden sind.

Bei einer Implementation der vorliegenden Erfindung wird eine Multiträgermodulation mit einer Anzahl von 512 Trägern verwendet. Diese Multiträgermodulation wird, wie es bereits eingangs erwähnt wurde, mit einer inversen Fouriertransformation bewirkt, die durch einen Block IFFT 56 in Fig. 5 symbolisch dargestellt ist. Dazu erzeugen die Einrichtungen 50 bis 54 und 10 bis 16 512 Sendesymbole bzw. Differenzsymbole, die dann parallel mittels des Blocks IFFT in den Zeitbereich transformiert werden, um ein MCM-Symbol zu erhalten, das am Ausgang des Blocks IFFT 56 ausgegeben wird. Zur Vermeidung einer Interferenz zweier benachbarter MCM-Symbole bei Verwendung eines SFN-Systems wird zwischen jedem MCM-Symbol ein Schutzintervall oder "Guard Interval" eingefügt, wie es durch einen Block 58 symbolisch dargestellt ist. Zur Fertigstellung eines vollständigen MCM-Frames wird nach einer bestimmten Anzahl von MCM-Symbolen, zwischen denen Schutzintervalle angeordnet sind, eine Synchronisationssequenz, die auch als AMSS bezeichnet wird, eingefügt, wie es durch einen Block 60 angedeutet ist. Eine fertige Synchronisationssequenz wird dann mittels eines komplexen IQ-Modulators auf einen Hochfrequenz-Träger moduliert und dann z. B. über eine Antenne abgestrahlt. Dies ist symbolisch durch einen Block 62 dargestellt. Es sei darauf hingewiesen, daß die Verarbeitung einer Synchronisationssequenz bis zur Abstrahlung durch eine Antenne bekannt ist und daher nicht näher beschrieben werden braucht.

Wie es bereits erwähnt wurde, wird vorzugsweise eine IFFT 56 im Sender bzw. eine FFT im Empfänger mit 512 Trägern verwendet. Der Block IFFT 56 gibt somit aufgrund der parallelen Funktionsweise der schnellen Fouriertransformation 512 komplexe Zeitpunkte parallel aus, die ein MCM-Symbol bilden. Ein MCM-Frame besitzt beispielsweise eine Dauer von 6 ms. Er besteht, wie es erwähnt wurde, beispielsweise aus 24 MCM-

Symbolen, zwischen denen jeweils ein Schutzintervall eingebracht ist, dessen Länge bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel etwa 25% der Länge eines MCM-Symbols beträgt. Die Synchronisationssequenz umfaßt ferner beispielsweise 396 Bit. Somit kann ein Frame bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung 16.396 Bit umfassen.

Erfindungsgemäß werden somit aus einem Informationssymbol zwei voneinander unterschiedliche Sendesymbole erzeugt, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten gesendet werden. Wenn beispielsweise eine Kanalstörung vorliegt, die zeitlich vorübergehend ist, und die alle Träger gleichermaßen betrifft, so kann bereits ein Gewinn erzielt werden, wenn das zweite Sendesymbol zu einem Zeitpunkt  $k_2$  erneut gesendet wird, der um die Dauer der Störung von dem Zeitpunkt  $k_1$  zeitlich entfernt ist, zu dem das erste Sendesymbol gesendet wurde. In Anbetracht der hauptsächlich auftretenden zeitlichen Störungen wird eine Differenzzeit zwischen dem Senden der beiden Sendesymbole von etwa 5 MCM-Frames, was bei dem beschriebenen Beispiel etwa 30 ms entspricht, sinnvoll sein. Auch bei kürzeren Zeitdauern wird jedoch bereits ein - unter Umständen kleiner - Gewinn erzielt, wenn zeitliche Störungen des Kanals kürzer sind. Wenn die zeitliche Störung des Übertragungskanals alle Träger gleichermaßen betrifft, spielt es keine Rolle, ob das zweite Sendesymbol mittels genau des gleichen Kanals übertragen wird, über den das erste Sendesymbol übertragen wurde. In der Praxis treten jedoch oft Interferenzen auf, die zu einer Auslöschung oder aber zu einer Verstärkung von einzelnen Trägern führen können. Es empfiehlt sich daher, das zweite Sendesymbol nicht über den gleichen Träger zu übertragen, sondern über einen anderen Träger. Dann besteht die Hoffnung, daß, wenn das erste Sendesymbol auf einen Träger moduliert wurde, der einer destruktiven Interferenz ausgesetzt war, das zweite Sendesymbol auf einen Träger moduliert ist, der durch eine konstruktive Interferenz sogar noch gegenüber normal übertragenen Trägern verstärkt worden ist.

Ferner wird bevorzugt, Informationen nicht nur zweimal zu senden, sondern abhängig vom Kanal mehr als zweimal. Wenn der Kanal relativ schlecht ist, wird ein erneutes Senden eines Informationssymbols häufiger nötig sein, als wenn ein relativ störungsarmer Kanal vorliegt. Das Signalkonstellationsdiagramm, das in Fig. 1 oder auch in Fig. 2 dargestellt ist, erlaubt ein vierfaches Senden der gleichen Informationen. In Analogie zu dem Fall des doppelten Sendens werden dann vier Sendesymbole erzeugt, die alle auf dem gleichen Informationssymbol basieren, die jedoch untereinander unterschiedlich sind. In diesem Fall bietet sich folgendes Trägerraster an. Wenn das erste Sendesymbol über den ersten Träger übertragen worden ist, könnte das zweite Sendesymbol über den 32. Träger übertragen werden, könnte das dritte Sendesymbol über den 128. Träger übertragen werden, und könnte das vierte Sendesymbol über den 256 Träger übertragen werden. Andere Frequenzraster sind jedoch ebenfalls denkbar. Vorzugsweise werden die Sendesymbole, die alle auf dem gleichen Informationssymbol basieren, gleichmäßig über das Frequenzraster verteilt gesendet, da dann die Wahrscheinlichkeit am höchsten ist, daß zumindest einmal ein Kanal getroffen wird, der nicht durch eine destruktive Interferenz oder eine andere Störung außerordentlich stark gedämpft ist.

Bezüglich der Amplitudengewichtungen bei der Signalkonstellation von Fig. 1 werden Gewichtungsfaktoren  $c(i)$  von  $\{0,18, 0,35, 0,53, 0,71\}$  verwendet. Damit wird eine nahezu maximale Ausnutzung des verfügbaren Amplitudenbereichs von 0 bis 1 gestattet.

Im nachfolgenden wird auf Fig. 6 eingegangen, die die Implementation einer Soft-Metrik-Berechnung für einen Empfänger für digitale Signale umfaßt. Die nachfolgenden Metrixbetrachtungen beziehen sich alle auf eine DPSK. Analoge Metrikbetrachtungen für andere Modulationsverfahren sind jedoch in Anbetracht der vorliegenden Ausführungen ableitbar.

Die Sendesymbole lassen sich als  $s(k) = e^{j\phi[k]}$  darstellen, wobei  $\phi[k]$  die absolute Phase ist. Sendeseitig läßt sich das aktuelle Sendesymbol folgendermaßen schreiben:

$$s(k) = s(k-1) \cdot e^{j\phi[k]} = e^{j(\phi[k-1] + \phi[k])} \quad (\text{Gl. 1})$$

Die Nutzinformationen sind in Gleichung 1 im differenziellen Phasenterm  $\phi[k]$  repräsentiert. Die Empfangssymbole lassen sich wie folgt ausdrücken:

$$r(k) = H\left(e^{j\frac{2\pi}{D}\mu}\right)s(k) + n(k) \quad (\text{Gl. 2})$$

In Gleichung 2 bezeichnet  $H(\dots)$  die Kanalübertragungsfunktion für den  $\mu$ -ten Träger.  $D$  stellt die Anzahl der Träger dar und  $n(k)$  ist die additive Rauschstörung.  $k$  ist der aktuelle Zeitpunkt während  $k-1$  den vorherigen Zeitpunkt darstellt.

Die bedingte Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für den Empfang von  $r(k)$ , wenn  $s(k)$  gesendet wurde, lautet folgendermaßen:

$$f(r(k)/s(k), \phi(k)) \approx \text{const} \cdot e^{\frac{1}{\sigma_n^2} \text{Re}\{r^*(k-1)r(k)e^{j\phi(k)}\}} \quad (\text{Gl. 3})$$

$\sigma_n^2$  ist dabei die Varianz von  $n(k)$  und wird folgendermaßen berechnet:

$$\sigma_n^2 = E\{|n(k)|^2\} \quad (\text{Gl. 4})$$

Zur Berechnung einer zuverlässigen Metrik, d. h. um zuverlässige Informationen im Empfänger bestimmen bzw. entscheiden zu können, werden die Log-Likelihood-Ratios  $\lambda(k)$  der einzelnen Binärsymbole  $b(1)$  und  $b(0)$  verwendet, welche für das  $i$ -te Bit folgendermaßen definiert sind.



$$\lambda^{(i)}(k) = \ln \left\{ \frac{\text{Wahrscheinlichkeit, daß Bit}(b^{(i)} = 1)}{\text{Wahrscheinlichkeit, daß Bit}(b^{(i)} = 0)} \right\} \quad (\text{Gl. 5})$$

Ausgeschrieben ergibt sich damit Gleichung 6:

$$\lambda^{(i)}(k) = \ln \left\{ \frac{\sum_{\{\varphi\} \in \{\varphi\} | i\text{-tes Bit}=1} f(r(k)/s(k), \varphi) \cdot \Pr\{\varphi\}}{\sum_{\{\varphi\} \in \{\varphi\} | i\text{-tes Bit}=0} f(r(k)/s(k), \varphi) \cdot \Pr\{\varphi\}} \right\} \quad (\text{Gl. 6})$$

$\Pr(\varphi)$  stellt die Wahrscheinlichkeit dar, daß die Phase des zu bestimmenden Informationssymbols einen bestimmten Wert einnimmt. Es existieren vier verschiedenen Phasenzustände (Fig. 1, Fig. 2), die alle gleich wahrscheinlich sind. Die Wahrscheinlichkeit  $\Pr(\varphi)$  ist daher für alle Summanden von Gleichung 6 gleich und kann aus Gleichung 6 herausgekürzt werden. Somit ergibt sich für die Log-Likelihood-Ratios folgender Ausdruck:

$$\lambda^{(i)}(k) = \ln \left\{ \frac{\sum_{\{\varphi\} \in \{\varphi\} | i\text{-tes Bit}=1} f(r(k)/s(k), \varphi)}{\sum_{\{\varphi\} \in \{\varphi\} | i\text{-tes Bit}=0} f(r(k)/s(k), \varphi)} \right\} \quad (\text{Gl. 7})$$

Wenn Gleichung 3 in Gleichung 7 eingesetzt wird und die Summation ausgeschrieben wird, ergeben sich folgende Ausdrücke für die Log-Likelihood-Ratios für die Bits des Informationssymbols  $b(0)$  und  $b(1)$ :

$$\lambda^{(0)} = \ln \left\{ \frac{\exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (-1) \} \right\} + \exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (j) \} \right\}}{\exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (1) \} \right\} + \exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (-j) \} \right\}} \right\} \quad (\text{Gl. 8})$$

$$\lambda^{(1)} = \ln \left\{ \frac{\exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (-1) \} \right\} + \exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (-j) \} \right\}}{\exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (1) \} \right\} + \exp \left\{ \frac{1}{\sigma_n^2} \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \cdot (j) \} \right\}} \right\}$$

(Gl. 9)

Nach bekannten Umformungen lassen sich Gleichung 8 und Gleichung 9 folgendermaßen vereinfachen:

$$\lambda^{(0)} = -\frac{1}{\sigma_n^2} \left( \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \} + \operatorname{Im} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \} \right) \quad (\text{Gl. 10})$$

$$\lambda^{(1)} = -\frac{1}{\sigma_n^2} \left( \operatorname{Re} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \} - \operatorname{Im} \{ r^*[k-1] \cdot r[k] \} \right). \quad (\text{Gl. 11})$$

Gleichung 10 und Gleichung 11 sind durch das Blockschaltbild in Fig. 6 realisiert. In Fig. 6 wird zunächst mittels eines Differenz-Decodierers 64 eine vorhandene Differenz-Codierung rückgängig gemacht. Das Ausgangssignal des Differenz-Decodierers wird dann in zwei Blöcke 66 und 68 eingespeist, wobei der Block 66 die Funktion implementiert, einen Realteil aus einer komplexen Zahl zu extrahieren, während der Block 68 die Funktion besitzt, ein Imaginärteil aus einer komplexen Zahl zu extrahieren. Entsprechend den Gleichungen 10 und 11 sind in Fig. 6 zwei Summierer 70, 72 gezeigt, die von den Blöcken 66, 68 kreuzweise bedient werden. Ausgangsseitig sind noch zur Durchführung der Multiplikation der Varianz des additiven Rauschens  $n(k)$  zwei Multiplikatoren 74, 76 vorgesehen, an deren Ausgang die erwünschten Log-Likelihood-Ratios für das erste Bit  $b(0)$  und das zweite Bit  $b(1)$  der zu bestimmenden empfangenen Informationssymbole ausgegeben werden.

Fig. 6 stellt damit eine fest verdrahtete Realisierung der Gleichungen 10 und 11 dar, um im bekannten Fall einer Signalkonstellation, wie sie in Fig. 3 gezeigt ist, bei einmaliger Übertragung einer Information eine Soft-Metrik-Berechnung durchführen zu können.

Auf die in den Gleichungen 1 bis 11 dargestellte Herleitung der Soft-Metrik-Berechnung für den bekannten Fall wird später Bezug genommen, um eine Soft-Metrik-Berechnung für den erfindungsgemäßen Fall herzuleiten, bei dem zwei Sendesymbole vom Sender gesendet und vom Empfänger empfangen werden, die beide auf dem gleichen Informationssymbol basieren.

Zunächst sei jedoch auf Fig. 7 Bezug genommen, das einen erfindungsgemäßen Empfänger darstellt, der nach dem Kohärenzprinzip arbeitet. Ein mit "Front-End" bezeichneter Block 78 umfaßt eine Empfangsantenne und bestimmte bekannte Signalverarbeitungen, wie z. B. eine Umsetzung auf eine Zwischenfrequenz, eine Filterung und ähnliches. Dem Block 78 ist ein Block 80 nachgeschaltet, der mit ADW für "Analog-Digital-Wandler" bezeichnet ist. Dieser Block soll eine "Down-Sampling"- und eine Filter-Operation sowie eine Analog-Digital-Wandlung veranschaulichen. Das am Front-End 78 empfangene HF-Signal wird somit auf das Basisband umgesetzt und von dem ADW 80 abgetastet. Üblicherweise ist das Ausgangssignal des ADW ein komplexes Signal mit Realteil und Imaginärteil, wobei sowohl der Realteil als auch der Imaginärteil mit 8 Bit oder einer anderen durch den ADW bestimmten Wortbreite quantisiert sein können. Bezüglich der Notation in den Zeichnungen sei darauf hingewiesen, daß ein breiter Pfeil darstellt, daß hier komplexe Signale mit Real- und Imaginärteil laufen, während ein dünner Pfeil, der durch eine einzige Linie gezeichnet ist, veranschaulichen soll, daß hier lediglich entweder ein Real- oder ein Imaginärteil oder überhaupt ein Wert zu einem Zeitpunkt läuft.

Der quantisierten Abtastwertfolge, die von dem ADW 80 ausgegeben wird, wird durch einen Block 82, der mit Synchronisations- und Schutzintervall-Entfernung bezeichnet ist, sowohl die Synchronisationssequenz als auch die Schutzintervalle zwischen den MCM-Symbolen entzogen. Am Ausgang des Blocks 82 liegt somit ein MCM-Frame, der nur noch aus den MCM-Symbolen

besteht. Anschließend werden die MCM-Symbole eines nach dem anderen durch einen Block 84, der mit FFT bezeichnet ist und eine Fouriertransformation in den Frequenzbereich ausführt, in den Frequenzbereich transformiert. Am Ausgang des Blocks FFT liegt somit nach einer FFT-Operation das Spektrum eines MCM-Symbols an, wobei die einzelnen Spektralwerte oder Spektrallinien einen Realteil und einen Imaginärteil haben, wobei sowohl der Realteil als auch der Imaginärteil entsprechend der Bitbreite des ADW quantisiert sind. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel haben wie gesagt sowohl der Realteil als auch der Imaginärteil eine Wortbreite von 8 Bit.

Im kohärenten Fall, auf den sich Fig. 7 bezieht, wird nun in einem Block 86 die Phase jedes nach Real- und Imaginärteil vorliegenden Trägers, d. h. jeder Spektrallinie, auf für Fachleute bekannte Art und Weise geschätzt bzw. bestimmt. Am Ausgang des Blocks Phasenbestimmung 86 liegen daher zeitlich aufeinanderfolgende Phasenwerte an, die die Phasen der empfangenen Spektrallinien wiedergeben. Mittels eines ModM-Addierers 88 und eines Verzögerungsglieds 90, das um einen Taktzyklus verzögert, wird die im Sender eingeführte Differenz-Codierung rückgängig gemacht, d. h. es wird eine Differenz-Decodierung (64, Fig. 6) durchgeführt. Am Ausgang des Addierers 88 liegen somit Phasenwerte an, die das im Sender am Ausgang des Blocks 52 (Fig. 5) gebildete Informationssymbol darstellen sollen. Die Phasenwerte am Ausgang des Addierers 88 sind mit einer durch die Phasenbestimmungseinrichtung 86 gegebenen Quantisierung vorhanden. Selbstverständlich werden die Phasenwerte am Ausgang des Addierers 88 nicht genau  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  oder  $270^\circ$  betragen, sondern sie werden von den erwarteten Werten abweichen, da sowohl durch den Sender als auch durch den Empfänger und besonders durch den (Freiluft-) Übertragungskanal Phasenverzerrungen oder sonstige Störungen eingeführt worden sind.

Falls im Sender, der in Fig. 5 gezeigt ist, keine Kanalcodierung durchgeführt worden ist, d. h. der Kanalcodierer 50

nicht vorhanden war, können die Ausgangssignale des Addierers 88 in einen Entscheider eingegeben werden, der beispielsweise bestimmt, daß alle Phasenwerte unter  $45^\circ$  einer Phase von  $0^\circ$  entsprechen sollen, während alle Phasenwerte über einer Phase von  $45^\circ$  einer Phase von  $90^\circ$  für ein Informationssymbol entsprechen sollen. Eine solche einfache Entscheidung wird als "harte" Entscheidung bezeichnet. Eine solche harte Entscheidung kann jedoch zu vielen falschen Entscheidungen führen. Daher wurde im Kanalcodierer 50 bereits eine Faltungscodierung durchgeführt, die nun im Empfänger mittels eines Blocks Kanal-Decodierer 90 wieder rückgängig gemacht werden muß. Auf für Fachleute bekannte Art und Weise wird hierbei ein Viterbi-Algorithmus eingesetzt, wenn ein Faltungscode im Sender genommen wurde. Andere Algorithmen und Verfahren zum fehlersicheren Codieren im Sender und zum entsprechenden fehlersicheren Decodieren im Empfänger sind bekannt und müssen daher nicht weiter ausgeführt werden.

Aufgrund destruktiver Interferenzen oder ähnlicher Störungen des Übertragungskanals kann jedoch der Fall auftreten, daß auch trotz leistungsfähigster Kanalcodierung und Kanaldecodierung ein Informationsverlust auftritt. Um dem entgegenzuwirken, werden Informationen erfindungsgemäß zwei- oder mehrmals übertragen. Im einfachsten Fall liegen dann am Ausgang des Addierers 88 zu unterschiedlichen Zeitpunkten  $k_1$  und  $k_2$  bzw.  $k_n$  zwei bzw.  $n$  quantisierte Phasenwerte an. Wenn ein quantisierter Phasenwert von den beiden quantisierten Phasenwerten, die sich auf ein einziges Informationssymbol beziehen, im Empfänger ein relativ eindeutiges Ergebnis hat, während der andere ein eher zweideutiges Ergebnis hat, kann der andere Phasenwert vernachlässigt werden und die Phasenentscheidung auf dem einen mit relativ eindeutigen Ergebnis durchgeführt werden. Selbstverständlich wird entweder eine "harte" Entscheidung oder eine Kanal-Decodierung eingesetzt. Beim Mobilfunk wird eine Faltungscodierung im Sender und eine entsprechende Kanal-Decodierung im Empfänger vorteilhaft sein. Harte Entscheidungen können besonders beim Mobilempfang

zu einer Verschlechterung der Empfängerzuverlässigkeit führen.

Alternativ können die beiden Phasenwerte addiert und dann durch zwei geteilt werden, um mittels einer Mittelung eine zuverlässigere Entscheidung treffen zu können. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, am Eingang der Phasenbestimmungseinrichtung 86 die Amplitude der beiden empfangenen Sendesymbole, die bei der Phasendifferenzbildung beteiligt sind, um das Differenzsymbol zu ermitteln, festzustellen und den quantisierten Phasenwert bei der Entscheidung zu berücksichtigen, bei dem die empfangenen Sendesymbole vor der Differenzbildung die größeren Amplituden hatten. Eine weitere Möglichkeit zur Kombination der beiden empfangenen Sendesymbole, die auf dem gleichen Informationssymbol basieren, besteht in einer nach den beteiligten Amplituden ausgeführten Gewichtung und entsprechenden Mittelung. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung werden jedoch beide quantisierten Phasendifferenzen, die das Informationssymbol darstellen, als "soft-quantisierte" Phasenwerte verwendet und bei einer Kanal-Decodierung 90 mittels eines Viterbi-Algorithmus oder eines ähnlichen Algorithmus verwendet, um durch eine "weiche" Entscheidung eine Entscheidung mit einer geringeren Anzahl von Fehlentscheidungen zu erreichen.

Fig. 8 zeigt ein Blockschaltbild für einen erfindungsgemäßen Empfänger bei inkohärentem Empfang. Der in Fig. 8 schematisch dargestellte Empfänger entspricht bis zu Block FFT dem Empfänger von Fig. 7. Das Inkohärenz-Prinzip äußert sich jedoch bei dem Empfänger von Fig. 8 darin, daß keine Phasenbestimmungseinrichtung 86 (Fig. 7) vorhanden ist, sondern stattdessen ein Multiplizierer 92, ein Verzögerungsglied 90 und eine Einrichtung 94 zum Bilden eines konjugiert komplexen Wertes. Die Elemente 90, 92, 94 dienen bei dem in Fig. 8 gezeigten Empfänger dazu, die Differenzcodierung, die in einem Sender (Fig. 5) eingeführt worden ist, wieder rückgängig zu machen, um aus den empfangenen Sendesymbolen wieder auf das ursprüng-

lich gesendete Informationssymbol  $b(1) b(0)$  schließen zu können. Am Ausgang des Multiplizierers 92 steht dann das komplexe Produkt des aktuellen Sendesymbols und des konjugiert komplexen Sendesymbols vom letzten Takt.

Wenn die komplexe Notation nach Betrag und Phase verwendet wird, steht am Ausgang des Multiplizierers 92 ein Wert, der als Betrag die Multiplikation der Beträge des aktuellen Sendesymbols und des letzten Sendesymbols hat, und der als Phase die Differenz der Phasen des aktuellen und des letzten Sendesymbols aufweist. In dieser Phasendifferenz steckt die erwünschte Nutzinformation, da der Sender eine Differenz-Phasenumtastung mit den Sendesymbolen ausgeführt hatte. Im Gegensatz zum kohärenten Empfänger, der in Fig. 7 gezeigt ist, bei dem zum Bilden der Phasendifferenz lediglich eine ModM-Addition (88) erforderlich war, findet beim inkohärenten Empfänger gemäß Fig. 8 eine Multiplikation zweier komplexer Zahlen statt.

Da die Amplituden der Empfangssignale beim Mobilempfang üblicherweise relativ klein sind, wird die Amplitude des empfangenen Differenzsymbols am Ausgang des Multiplizierers 92 noch kleiner. Damit fällt jedoch wesentlich die Trefferrate bei der Entscheidung, ob es sich nun um einen der beispielsweise vier Phasenzustände handelt. Dazu sei kurz auf Fig. 3 verwiesen. Wenn das Sendesymbol  $b(1) b(0) = 00$  betrachtet wird, das im Sendefall eine Amplitude von 1 bzw. eine gewichtete Amplitude (Fig. 1) hat, ist zu sehen, daß die Phasenentscheidung immer unsicherer wird, je kleiner die Amplitude des empfangenen Sendesymbols wird. Im Extremfall, wenn die Amplitude derart klein wird, daß sie nahezu im Ursprung der komplexen Ebene liegt, ist keine Phasenentscheidung mehr möglich, obwohl das empfangene Differenzsymbol am Ausgang des Multiplizierers 92 bei der Berechnung sicherlich einen Phasenterm enthält. Dieser Phasenterm ist jedoch aufgrund der dann sehr geringen Amplitude nicht mehr signifikant und wird, wenn keine weiteren Vorkehrungen getroffen werden, nahezu zwangsläufig zu ei-

ner falschen Entscheidung führen. Erfindungsgemäß wird daher in Analogie zu der Metrikberechnung, die in den Gleichungen 1 bis 11 dargestellt worden ist, auch beim Empfang von zwei Sendesymbolen, die sich beide auf ein einziges Informationssymbol beziehen, eine Metrikberechnungseinheit 96 dem Multiplizierer 92 nachgeschaltet.

Im nachfolgenden wird auf die erfindungsgemäße Metrikberechnung 96 eingegangen. Bevor jedoch eine Ableitung der Log-Likelihood-Ratios für das erfindungsgemäße Konzept dargestellt wird, bei dem zwei Sendesymbole, die sich voneinander unterscheiden, die jedoch auf dasselbe Informationssymbol bezogen sind, übertragen werden, wird auf Fig. 9 Bezug genommen, um eine Übersichtsdarstellung in zeitlicher Hinsicht zu geben. Zu einem Zeitpunkt  $k_1$ , zu dem das erste Sendesymbol empfangen wird, bzw. zu dem aus dem ersten Sendesymbol das entsprechende Differenzsymbol berechnet wird, in dem die Nutzinformation steckt, wird eine erste Metrikberechnung 96a durchgeführt. Zum Zeitpunkt  $k_2$ , zu dem das zweite Sendesymbol empfangen wird, bzw. zu dem das entsprechende Differenzsymbol bei Differenzcodierung empfangen wird, wird auch für das zweite empfangene Sendesymbol eine Metrikberechnung 96b durchgeführt. Das Ergebnis der ersten Metrikberechnung 96a wird in einem Speicher 98 zwischengespeichert, um diesen Wert in der Zeitspanne zwischen  $k_1$  und  $k_2$  zu halten. Wenn die zweite Metrikberechnung 96b vollendet ist, wird das Ergebnis der ersten Metrikberechnung aus dem Speicher 98 ausgelesen und in einer Metrikkombinationseinrichtung mit dem Ergebnis der zweiten Metrikberechnung kombiniert. Wie es bereits erwähnt wurde, kann die Metrikkombination in einer einfachen Addition bestehen. Alternativ kann in der Metrikkombinationseinrichtung 100 auch eine Entscheidung durchgeführt werden, welche Metrik zuverlässiger ist, wobei dann die günstigere Metrik zur Weiterverarbeitung im Kanal-Decodierer 96 genommen wird, während die andere verworfen wird. Außerdem kann in der Metrikkombinationseinrichtung 100 auch eine gewichtete Addition durchgeführt werden, wobei Amplituden der empfangenen



Sendesymbole, die einem entsprechenden Differenzsymbol zugrunde liegen, berücksichtigt werden, um darauf schließen zu können, welche Metrik eher zuverlässig ist. Wenn empfangene Sendesymbole eine eher große Amplitude haben, so kann davon ausgegangen werden, daß sie korrekte Informationen tragen, wogegen dies bei empfangenen Sendesymbolen mit eher kleinen Amplituden nicht sicher ist. Das Ergebnis der Metrikkombinationseinrichtung 100 wird dann in einen Kanal-Decodierer 90 eingespeist, der dem Kanal-Decodierer 90 von Fig. 7 entspricht und bei Verwendung eines Faltungscodes im Kanalcodierer 50 (Fig. 5) einen Viterbi-Algorithmus und ähnliches implementiert.

Aus Fig. 9 ist ersichtlich, daß das erfindungsgemäße Konzept, das beispielhaft in Verbindung mit zwei Sendesymbolen gezeigt ist, die sich voneinander unterscheiden, die sich aber auf das gleiche Informationssymbol beziehen, ohne weiteres auf den Fall ausgedehnt werden, bei dem mehr als zwei Sendesymbole erzeugt werden, was zu einer nicht nur doppelten sondern mehrmaligen Übertragung eines einzigen Informationssymbols führt. Wenn beispielsweise eine vierfache Informationsübertragung angenommen wird, wie sie beim bevorzugten Ausführungsbeispiel angewendet wird, da der zweite Mapper 54 eine vierfache Erweiterung des Konstellationsdiagramms schafft, werden weitere Metrikberechnungseinheiten 96 und weitere Speicher 98 verwendet, wobei die Metrikkombinationseinrichtung 100 in diesem Fall vier Eingänge haben wird, um die Ergebnisse der einzelnen Metrikberechnungen zu den Zeitpunkten kombinieren zu können. Je häufiger ein Informationssymbol erneut gesendet wird, umso höher wird die Anzahl der richtigen Entscheidungen im Kanal-Decodierer 90 sein. Je häufiger jedoch Informationen neu gesendet werden, umso stärker fällt selbstverständlich die Biteffizienz, die natürlich im Fall des einfachen Sendens am höchsten ist. Aufgrund der effektiven Komprimierungsalgorithmen, die beispielsweise in der MPEG-Standardfamilie implementiert sind, und aufgrund vorhandener schneller Schaltungen, die eine hohe Trägerfrequenz er-

lauben, die im unteren bis mittleren Gigahertzbereich liegt, ist jedoch die übertragene Menge an Bits nicht so sehr entscheidend als die sichere Detektion. Besonders wenn daran gedacht wird, daß das erfindungsgemäße System für einen digitalen Rundfunk eingesetzt wird, ist eine sichere Erfassung mit einer minimalen Anzahl an falschen Entscheidungen wesentlich, damit ein derartiges Produkt am Markt Akzeptanz findet, und zwar besonders bei Übertragungskanälen mit schwieriger Topologie, wie z. B. in einer Großstadt mit vielen Wolkenkratzern. Besonders in Großstädten, und im Zentrum von Großstädten, welche besondere Herausforderungen für den digitalen Rundfunk darstellen, werden die meisten Kunden sein, weshalb eben dort ein fehlersicherer Empfang ohne Störungen Priorität hat.

Im nachfolgenden wird auf die Metrikberechnung, die in der ersten Metrikberechnungseinheit 96a und in der zweiten Metrikberechnungseinheit 96b ausgeführt wird, eingegangen. Es sei darauf hingewiesen, daß in der Praxis die erste Metrikberechnungseinheit 96a und die zweite Metrikberechnungseinheit 96b die gleiche Metrikberechnungsvorrichtung sein wird, da, wie es aus Fig. 9 deutlich ist, hier Metrikberechnungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgeführt werden.

Im nachfolgenden wird die schaltungstechnische Realisierung zur Berechnung der Log-Likelihood-Ratios im erfindungsgemäßen Fall des Sendens von zwei Sendesymbolen, die sich voneinander unterscheiden, die jedoch auf demselben Informationssymbol basieren, gleichungsmäßig hergeleitet.

Dazu seien zwei Paare  $r(k_1-1)$ ,  $r(k_1)$  bzw.  $r(k_2-1)$ ,  $r(k_2)$  von Empfangssymbolen betrachtet, wobei die Zeitpunkte  $k_1$  und  $k_2$  voneinander unterschiedlich sind. Zur Vereinfachung der Herleitung sei der Übergang zwischen den zugehörigen Sendesymbolen  $s(k_1-1)$  zu  $s(k_1)$  durch ein gemeinsames (Quell-) Bit (Index 1) repräsentiert. Das bedeutet, daß angenommen wird, daß das Bit  $i$  im Übergang von  $s(k_1-1)$  auf  $s(k_1)$  bzw. das Bit  $j$

im Übergang von  $s(k_2-1)$  auf  $s(k_2)$  identisch sind. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß Sendesymbole durch  $s(k)$  dargestellt sind, während Empfangssymbole durch  $r(k)$  dargestellt sind. ( $s$  = send;  $r$  = receive). Betrachtet man die beiden Empfangspaare unabhängig voneinander, so läßt sich wie im Fall von Fig. 6 die Wahrscheinlichkeit bzw. das Log-Likelihood-Ratio für das gesuchte Binärsymbol angeben. Dazu wird  $\varphi_1$  dem Empfangspaar  $r(k_1-1), r(k_1)$  und  $\varphi_2$  dem Empfangspaar  $r(k_2-1), r(k_2)$  zugeordnet. Sowohl für  $\varphi_1$  als auch für  $\varphi_2$  sind die Log-Likelihood-Ratios  $\lambda^{(1)}$  für das Bit  $i$  bzw. das Bit  $j$  folgendermaßen gegeben, wobei  $i$  0 oder 1 betragen kann, wenn das Informationssymbol  $b(1)$   $b(0)$  aus 2 Bit besteht.

$$\lambda^{(i)}(k) = \ln \left\{ \frac{\text{Wahrscheinlichkeit, daß Bit } (b^{(i)} = 1)}{\text{Wahrscheinlichkeit, daß Bit } (b^{(i)} = 0)} \right\} \quad (\text{Gl. 12})$$

$$\lambda^{(i)}(k) = \ln \left\{ \frac{\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_1, \varphi_2] \mid I - \text{testBit} = 1\}} f(r(k_1), r(k_2) / s(k_1), s(k_2), \varphi_1, \varphi_2) \cdot \Pr\{\varphi_1, \varphi_2\}}{\sum_{[\varphi] \in \{[\varphi_1, \varphi_2] \mid I - \text{testBit} = 0\}} f(r(k_1), r(k_2) / s(k_1), s(k_2), \varphi_1, \varphi_2) \cdot \Pr\{\varphi_1, \varphi_2\}} \right\} \quad (\text{Gl. 13})$$

Sind die betrachteten Empfangspaare zeitlich relativ weit voneinander entfernt, so kann von unabhängigen Übertragungsbedingungen ausgegangen werden, was es ermöglicht, daß beide Ereignisse als statistisch unabhängig voneinander betrachtet werden. Dies lautet gleichungsmäßig folgendermaßen:

$$\Pr\{\varphi_1, \varphi_2\} = \Pr\{\varphi_1\} \cdot \Pr\{\varphi_2\} \quad (\text{Gl. 14})$$

Damit ergibt sich:

$$\sum_{\{\varphi\} \in \{\{\varphi_1, \varphi_2\} / i\text{-tesBit}=1\}} f(r(k_k), r(k_2) / s(k_1), s(k_2), \varphi_1, \varphi_2) =$$

$$\sum_{\{\varphi\} \in \{\{\varphi_1\} / i\text{-tesBit}=1\}} f(r(k_k) / s(k_1), \varphi_1) \cdot \sum_{\{\varphi\} \in \{\{\varphi_2\} / j\text{-tesBit}=1\}} f(r(k_2) / s(k_2), \varphi_2) \quad (\text{Gl. 15})$$

Für das 1-te Bit ergeben sich somit folgende Gleichungen:

$$\lambda^{(1)} = \ln \left\{ \frac{\sum_{\{\varphi\} \in \{\{\varphi_1\} / i\text{-tesBit}=1\}} f(r(k_1) / s(k_1), \varphi_1) \cdot \Pr\{\varphi_1\} \cdot \sum_{\{\varphi\} \in \{\{\varphi_2\} / j\text{-tesBit}=1\}} f(r(k_2) / s(k_2), \varphi_2) \cdot \Pr\{\varphi_2\}}{\sum_{\{\varphi\} \in \{\{\varphi_1\} / i\text{-tesBit}=0\}} f(r(k_1) / s(k_1), \varphi_1) \cdot \Pr\{\varphi_1\} \cdot \sum_{\{\varphi\} \in \{\{\varphi_2\} / j\text{-tesBit}=0\}} f(r(k_2) / s(k_2), \varphi_2) \cdot \Pr\{\varphi_2\}} \right\}$$

(Gl. 16)

$$\lambda^{(1)} = \ln \left\{ \frac{\sum_{\{\varphi\} \in \{\{\varphi_1\} / i\text{-tesBit}=1\}} f(r(k_1) / s(k_1), \varphi_1) \cdot \Pr\{\varphi_1\}}{\sum_{\{\varphi\} \in \{\{\varphi_1\} / i\text{-tesBit}=0\}} f(r(k_1) / s(k_1), \varphi_1) \cdot \Pr\{\varphi_1\}} \right\} +$$

$$\ln \left\{ \frac{\sum_{\{\varphi\} \in \{\{\varphi_2\} / j\text{-tesBit}=1\}} f(r(k_2) / s(k_2), \varphi_2) \cdot \Pr\{\varphi_2\}}{\sum_{\{\varphi\} \in \{\{\varphi_2\} / j\text{-tesBit}=0\}} f(r(k_2) / s(k_2), \varphi_2) \cdot \Pr\{\varphi_2\}} \right\} \quad (\text{Gl. 17})$$

Aus Gleichung 16 und Gleichung 17 ist zu sehen, daß bei statistischer Unabhängigkeit eine einfache Addition der Log-Likelihood-Ratios für das entsprechende Bit des Informationssymbols durchgeführt werden kann:

$$\lambda^{(1)} = \lambda^{(i)} + \lambda^{(j)} \quad (\text{Gl. 18})$$

Bildlich ausgedrückt zeigt dieses Ergebnis Fig. 10. Eine Folge von Empfangssymbolen  $r[k_1, \dots, k_2, \dots]$  wird in einen Differenz-Decodierer eingespeist, der die Elemente 90, 92, 94 von Fig. 8 umfaßt. Das Ergebnis des Multiplizierers 92 wird dann wieder in eine Realteileinrichtung 66 und in eine Imaginärteileinrichtung 68 eingespeist, die wiederum zwei Summierer 70, 72 kreuzweise bedienen. Wenn das Informationssymbol,

das bestimmt werden soll, vom Sender zweimal gesendet worden ist, sind zwei Metrikkombinationseinrichtungen 100a, 100b nötig, um die Addition von Gleichung 16 zu realisieren. Am Ausgang stehen dann die Log-Likelihood-Ratios für das Informationssymbol, die mittels zweier Übertragungen desselben Informationssymbols ermittelt worden sind. Diese beiden Werte werden, wie es aus Fig. 8 ersichtlich ist, in einen Multiplexer 102 eingespeist, derart, daß ein Log-Likelihood-Ratio nach dem anderen in den Kanal-Decodierer 90 eingespeist wird, um dort die weiche Entscheidung beispielsweise mittels des Viterbi-Algorithmus durchführen zu können. Dies ist durch die einfache Verbindungslinie zwischen dem Multiplexer 102 und dem Kanal-Decodierer 90 wiedergegeben.

Im nachfolgenden wird beispielhaft auf die Signalkonstellation, die in Fig. 1 gezeigt ist, eingegangen, um die Ermittlung der Log-Likelihood-Ratios im Falle dieser "4-DAPSK" darzustellen. Die Phase kann einen der vier Zustände  $\{0, \varphi/2, \varphi, 3\varphi/2\}$  einnehmen. Für die Amplitudengewichtungen existieren 4  $c(i)$ ,  $i$  aus  $\{0, 1, 2, 3\}$ , wobei für eine praktische Anwendung folgende  $c_i$  genommen werden können:  $\{c(0), c(1), c(2), c(3)\} = \{0,18, 0,35, 0,53, 0,71\}$ . Unter Verwendung der Definition, die in Gleichung 11 gegeben wurde, ergibt sich Gleichung 19, die in Analogie zu Gleichung 13 steht.

$$\lambda^{(i)}(k) = \ln \frac{\sum_{l=\text{testBit}=1} f(r(k_1), r(k_2) / s(k_1), s(k_2), c^{(i)}, \varphi) \cdot \Pr\{c^{(i)}, \varphi\}}{\sum_{l=\text{testBit}=0} f(r(k_1), r(k_2) / s(k_1), s(k_2), c^{(i)}, \varphi) \cdot \Pr\{c^{(i)}, \varphi\}} \quad (\text{Gl. 19})$$

Aufgrund der Tatsache, daß die Phase und die Amplitude voneinander unabhängige Variablen sind, kann Gleichung 14 analog geschrieben werden:

$$\Pr\{c^{(i)}, \varphi\} = \Pr\{c^{(i)}\} \cdot \Pr\{\varphi\} \quad (\text{Gl. 20})$$

Das Ergebnis für die Log-Likelihood-Ratios lautet ausgeschrieben folgendermaßen:

$$\lambda^{(j)}(k) = \ln \frac{\sum_{l-\text{tesBit}=1} f(r(k_1), r(k_2) / s(k_1), s(k_2), c^{(j)}, \varphi) \cdot \Pr\{c^{(j)}\} \cdot \Pr\{\varphi\}}{\sum_{l-\text{tesBit}=0} f(r(k_1), r(k_2) / s(k_1), s(k_2), c^{(j)}, \varphi) \cdot \Pr\{c^{(j)}\} \cdot \Pr\{\varphi\}} \quad (\text{Gl. 21})$$

Aus Gleichung 21 ist zu sehen, daß die Wahrscheinlichkeit  $\Pr\{c^{(j)}\}$  für den Empfang einer bestimmten gewichteten Amplitude eine multiplikative Gewichtung für die Log-Likelihood-Ratios darstellt. Die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion im Fall der dargestellten DQPSK wird daher berechnet aus der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für die DQPSK mit einer bestimmten Amplitude  $c^{(j)}$ , die dann mit  $\Pr\{c^{(j)}\}$  im Nenner und im Zähler von Gleichung 21 multipliziert wird. Dies bedeutet, daß die einzelnen Amplituden durch eine Gewichtung entsprechend ihrer Wahrscheinlichkeiten in den Log-Likelihood-Ratios erscheinen. Analoge Gleichungen sind für das Signalkonstellationsdiagramm von Fig. 2 auf der Basis der obigen Herleitung herleitbar.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die vorliegende Erfindung im Zusammenhang mit einem Modulations/Demodulationsverfahren für die Träger einer Multiträgermodulation-Übertragung und im besonderen Fall einer OFDM nützlich ist. Zum einen wird eine Vergrößerung der Signalkonstellation erreicht, und zum anderen wird durch mehrfache Abbildung der Informationen auf die Träger ein "Mapping-Diversity"-Gewinn erzielt. Für das "Mapping Diversity" wird somit jedes Informationsbit mindestens zweimal gesendet. Vorzugsweise ist der Zeitabstand zwischen dem Senden der gleichen Information groß. In diesem Fall können die beiden Ereignisse als statistisch unabhängig voneinander gelten. Wenn jedoch der Übertragungskanal selbst betrachtet wird, so wird auch ein kleinerer Zeitabstand, bei dem die beiden Sendevorgänge nicht vollständig voneinander statistisch unabhängig angesehen werden können, ebenfalls zu einer Erhöhung der De-

tektionszuverlässigkeit führen, wenn der Kanal nur kurzen zeitlichen Schwankungen unterworfen ist.

Das "Demapping" oder Demodulieren im Fall des "Mapping Diversity" kann sowohl im kohärenten (Fig. 7) als im inkohärenten (Fig. 8) Fall verwendet werden. Die Metrikberechnung im Fall von "Mapping Diversity" wird in zwei Schritten durchgeführt. Der erste Metrik wird zum Zeitpunkt  $k_1$  berechnet und gespeichert. Zum Zeitpunkt  $k_2$  wird dann die zweite Metrik berechnet und anschließend mit der ersten Metrik kombiniert, wobei diese Kombination vorzugsweise als Addition ausgeführt wird. Das Ergebnis der Metrikkombination wird dann zum Kanal-Decodierer im Empfänger weitergegeben.

Im nachfolgenden wird zum Verständnis kurz auf die Log-Likelihood-Ratios eingegangen, bzw. wie dieselben im Kanal-Decodierer 90 ausgewertet werden. Aus Gleichung 11 beispielsweise ist zu sehen, daß der Wertebereich entsprechend der Logarithmus-Funktion zwischen  $-\infty$  bis  $+\infty$  reicht. Wenn ein Log-Likelihood-Ratio einen sehr negativen Wert hat, bedeutet dies, daß die Wahrscheinlichkeit, daß ein Bit eine 1 hat, sehr gering ist, und daß die Wahrscheinlichkeit, daß ein Bit eine 0 hat, sehr groß ist. In diesem Fall kann somit eine sehr sichere Entscheidung getroffen werden, daß das betrachtete Bit eben 0 ist. Wenn das Log-Likelihood-Ratio einen sehr großen Wert einnimmt, d. h. wenn das Argument des Logarithmus sehr groß wird, ist zu sehen, daß die Wahrscheinlichkeit, daß ein Bit 1 ist, eher groß ist, während die Wahrscheinlichkeit, daß ein Bit 0 ist, sehr gering ist. Dann kann eine sehr sichere Entscheidung getroffen werden, daß das Bit eine 1 hat. Für die weitere Decodierung im Kanal-Decodierer 90 werden daher die Bits  $b(0)$ ,  $b(1)$  durch die entsprechenden Log-Likelihood-Ratios ersetzt. Eine Auswertung der Log-Likelihood-Ratios könnte beispielsweise derart durchgeführt werden, daß festgelegt wird, daß alles, was unter 0,5 liegt, eine 0 ist, und daß alles, was über 0,5 liegt, eine 1 ist. Bereits wenn die Log-Likelihood-Ratios größer als 1

sind, kann davon gesprochen werden, daß eine sichere 1 vorliegt, während ein Wert unter 1 eine wenig sichere 1 darstellt.

Zur detaillierteren Erläuterung des in Fig. 5 dargestellten Senders gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sei nun Fig. 11 betrachtet. Fig. 11 zeigt wie Fig. 5 den ersten Mapper 52, den demselben nachgeschalteten zweiten Mapper 54 und einen Serien-Parallel-Wandler 53a. Wenn der Fall des Sendens von zwei Sendesymbolen, die sich auf dasselbe Informationssymbol beziehen, betrachtet wird, erzeugen die beiden Mapper zunächst das erste Sendesymbol  $b^1b^0c^0$  und dann das zweite Sendesymbol  $b^1b^0c^1$ . Diese beiden Sendesymbole werden seriell erzeugt und dann durch 53a parallelisiert. Das erste Sendesymbol läuft dann direkt in einen Parallel-Seriell-Wandler 53b, während das zweite Sendesymbol in einen Zeit-Interleaver eingespeist wird, um das Senden des zweiten Sendesymbols zu einem späteren Zeitpunkt zu erreichen. Der Zeit-Interleaver fügt das in denselben eingespeiste Sendesymbol nach einer vorzugsweise fest eingestellten Zeitdauer in den Sendebitstrom vor dem Differenz-Codierer 10, 12, 14 ein. Der Zeit-Interleaver kann ausgestaltet sein, um das zweite Sendesymbol zu einem späteren Zeitpunkt für denselben Träger wie beim ersten Sendesymbol vorzusehen, oder vorzugsweise einen anderen Träger zu nehmen, wie es bereits ausgeführt wurde.

Aus Fig. 11 wird ferner deutlich, daß bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Senders die Gewichtsreihenfolge fest eingestellt ist. Dies bedeutet, daß das erste Sendesymbol immer die Gewichtung  $c(0)$  hat, daß das zweite Sendesymbol immer die Gewichtung  $c(1)$  hat, daß das dritte Sendesymbol immer die Gewichtung  $c(2)$  hat, usw. Dies hat den Vorteil, daß der Empfänger bereits von vornherein Kenntnis davon hat, welche Gewichtung ein empfangenes Symbol haben sollte, da die Gewichtsreihenfolge vorzugsweise fest vorgegeben ist.



Fig. 12 zeigt eine etwas detailliertere Darstellung des erfindungsgemäßen Empfängers aus Fig. 7 bzw. Fig. 8. Fig. 12 ist auch Fig. 9 ähnlich. Dem Differenz-Decodierer ist ein Serien-Parallel-Wandler 65 nachgeschaltet. Dieser speist zum einen die erste Metrikberechnungseinrichtung 96a und zum anderen einen Zeit-Deinterleaver 97, der die durch den Zeit-Interleaver 55 eingeführte zeitliche und optional kanalmäßige Verschachtelung wieder rückgängig macht. Dem Zeit-Deinterleaver 97 nachgeschaltet ist die zweite Metrikberechnungseinrichtung 96b. Die Metrikkombination wird bevorzugterweise durch Addition der zwei Einzel-Verhältnisse in der Metrikkombinationseinrichtung 100 ausgeführt, wie es bereits detailliert ausgeführt wurde.

Der Viterbi-Decodierer, der vorzugsweise in dem Kanaldecodierer enthalten ist, nimmt die beiden Ausgangssignale der Einrichtung 100 als Eingabe und berechnet die Metrik von einem Anfangszustand zu einem Endzustand in einem Trellisdiagramm. Der Weg mit maximaler Metrik ergibt dann neben der geschätzten Codefolge auch zugleich die geschätzte Informationsfolge. Im kohärenten Fall, in dem keine Log-Likelihood-Verhältnisse verwendet werden, werden die Empfangssignale zum Zeitpunkt  $k_1$  und  $k_2$  vor dem Eingang des Viterbi-Decodierers vorzugsweise addiert. Dies wird auch als Maximum Ratio Combining (MRC) bezeichnet.

Bezüglich der Kanaleigenschaften sei noch folgendes angemerkt. Selbstverständlich ist beim Senden der Kanal an sich unbekannt. Es ist jedoch notwendig, daß derselbe im Empfänger geschätzt wird. Diese Schätzung wird bei jeder praktischen Implementation anders ausfallen, da die Kanalschätzung vom System, vom Aufbau und von der verwendeten Kanalart abhängt. Bezüglich des Kanalrauschens wird primär das additive weiße Gauß'sche Rauschen (AWGN) betrachtet. Dabei ist zum einen die Verteilung des Rauschens und zum anderen das Verhältnis vom Signalpegel zum Rauschpegel bekannt. Diese Informationen wer-

den im Kanal-Decodierer für die weitere Decodierung benutzt. Wenn ein Faltungscode im Sender benutzt wird, wird ein Viterbi-Decodierer, wie es bereits öfters erwähnt wurde, im Empfänger verwendet. Für eine praktische Implementierung ist  $1/\sigma_n^2$  für alle Metrikinkremente identisch und damit für die Decodierung im Viterbi-Decodierer irrelevant. Wie es bereits auf Fig. 10 ersichtlich ist, kann daher  $1/\sigma_n^2$  ohne Verlust vernachlässigt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Senden von Informationssymbolen mit einer Mehrzahl von Trägern mit folgenden Schritten:

Erzeugen (52, 54) eines ersten Sendesymbols aus einem Informationssymbol;

Erzeugen (52, 54) eines zweiten Sendesymbols aus dem gleichen Informationssymbol, wobei sich das zweite Sendesymbol von dem ersten Sendesymbol unterscheidet;

Modulieren (56) des ersten Sendesymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem ersten Sendesymbol modulierten Trägers zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ); und

Modulieren des zweiten Sendesymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem zweiten Sendesymbol modulierten Trägers zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), wobei der zweite Zeitpunkt zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt liegt.

2. Verfahren zum Senden von Informationssymbolen mit einer Mehrzahl von Trägern, mit folgenden Merkmalen:

Erzeugen (52, 54) eines ersten Sendesymbols aus einem Informationssymbol;

Erzeugen (52, 54) eines zweiten Sendesymbols aus dem gleichen Informationssymbol, wobei sich das zweite Sendesymbol von dem ersten Sendesymbol unterscheidet;

Erzeugen (10, 12, 14) einer Differenz zwischen dem ersten Sendesymbol und einem demselben zeitlich vorausgehenden Sendesymbol, um ein erstes Differenzsymbol zu erhalten;

Erzeugen (10, 12, 14) einer Differenz zwischen dem zweiten Sendesymbol und einem demselben zeitlich vorausgehenden

den Sendesymbol, um ein zweites Differenzsymbol zu erhalten;

Modulieren (56) des ersten Differenzsymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem ersten Differenzsymbol modulierten Trägers zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ); und

Modulieren des zweiten Differenzsymbols auf einen Träger und Senden (62) des mit dem zweiten Differenzsymbol modulierten Trägers zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), wobei der zweite Zeitpunkt zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem sich der mit dem ersten Sendesymbol bzw. Differenzsymbol modulierte Träger von dem mit dem zweiten Sendesymbol bzw. Differenzsymbol modulierten Träger unterscheidet.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Zeitspanne zwischen dem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ) und dem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ) derart lang ist, daß Übertragungen der mit den beiden Sendesymbolen bzw. Differenzsymbolen modulierten Träger über einen Übertragungskanal statistisch voneinander unabhängig sind.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das erste Sendesymbol einen einer vordefinierten Anzahl von Phasenzuständen in der komplexen Ebene einnehmen kann, und  
  
bei dem das zweite Sendesymbol den gleichen Phasenzustand in der komplexen Ebene wie das erste Sendesymbol einnimmt, aber einen unterschiedlichen Amplitudenzustand aufweist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

bei dem das erste Sendesymbol einen einer vordefinierten Anzahl von Phasenzuständen in der komplexen Ebene einnehmen kann, und

bei dem das zweite Sendesymbol einen anderen Phasenzustand der komplexen Ebene wie das erste Sendesymbol einnimmt.

7. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem neben dem ersten und dem zweiten Sendesymbol zwei weitere Sendesymbole zu unterschiedlichen Zeitpunkten übertragen werden, die den gleichen Phasenzustand aus einer Anzahl von vier Phasenzuständen in der komplexen Ebene aber zueinander unterschiedliche Amplituden aus jeweils vier vorgegebenen Amplituden haben.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem vor dem Schritt des Modulierens (56) eine Phasenzuweisung (16) zu einem binären Symbol ausgeführt wird, und bei dem der Schritt des Modulierens (56) den Schritt des inversen Frequenztransformierens der Mehrzahl von phasenumgetasteten Träger in den komplexen Zeitbereich umfaßt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem N verschiedene Träger, N Informationssymbole, N erste Sendesymbole und N zweite Sendesymbole vorhanden sind, bei dem ein Mehrträgermodulations-Symbol (MCM-Symbol) das Resultat einer inversen Fouriertransformation der mit den Sendesymbolen bzw. Differenzsymbolen beaufschlagten N Träger umfaßt, und  
  
bei dem ein MCM-Frame eine Mehrzahl von MCM-Symbolen aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die N zweiten Sendesymbole, die den N Informationssymbolen entsprechen, zeitlich über mehrere MCM-Frames verteilt sind.

11. Verfahren zum Empfangen von Informationssymbolen, die mittels einer Mehrzahl von Trägern übertragen werden, wobei ein Informationssymbol durch ein erstes und ein zweites unterschiedliches Sendesymbol dargestellt ist, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten empfangen werden, mit folgenden Schritten:

Demodulieren (84) eines ersten Trägers, um ein erstes empfangenes Sendesymbol zu erhalten, zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ );

Speichern (98) des ersten empfangenen Sendesymbols bzw. von Informationen, die auf das erste empfangene Sendesymbol hinweisen;

Demodulieren (84) eines weiteren Trägers zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), um ein zweites empfangenes Sendesymbol zu erhalten; und

Verwenden des gespeicherten ersten empfangenen Sendesymbols bzw. der Informationen, die auf das erste empfangene Sendesymbol hinweisen, und des zweiten empfangenen Sendesymbols, um das Informationssymbol, das beiden empfangenen Sendesymbolen zugrunde liegt, zu ermitteln.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem der eine Träger und der weitere Träger voneinander unterschiedlich sind.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, bei dem die Sendesymbole Differenz-codiert sind, wobei ein Informationssymbol durch eine Differenz zweier zeitlich benachbarter Sendesymbole dargestellt ist, das ferner folgende Schritte aufweist:

Schätzen (86) der Phasen des ersten empfangenen Sendesymbols und eines dem ersten empfangenen Sendesymbol zeitlich vorausgehenden empfangenen Sendesymbols;

Bilden der Differenz der geschätzten Phasen, um eine erste empfangene Phasendifferenz zu erhalten, die auf das Informationssymbol hinweist;

Durchführen der Schritte des Schätzens und des Bildens der Differenz für das zweite empfangene Sendesymbol, um eine zweite empfangene Phasendifferenz zu erhalten, die auf das gleiche Informationssymbol hinweist;

Durchführen einer weichen Entscheidung aufgrund sowohl der ersten als auch der zweiten empfangenen Phasendifferenz, um einen ersten und einen zweiten Wert für das Informationssymbol zu erhalten; und

Bestimmen des Informationssymbols aus dem ersten und/oder zweiten Wert.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem statt des Schritts des Durchführens einer weichen Entscheidung folgender Schritt durchgeführt wird:

Durchführen einer harten Entscheidung aufgrund sowohl der ersten als auch der zweiten empfangenen Phasendifferenz, um einen ersten und zweiten Wert für das Informationssymbol zu erhalten.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, bei dem im Schritt des Bestimmens der Wert stärker berücksichtigt wird, bei dem die Amplituden seiner zugrunde liegenden empfangenen Sendesymbole, aus denen die Phasendifferenz bestimmt wurde, näher an einer vorbestimmten Schwelle lagen.

16. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, bei dem die Sendesymbole Differenz-codiert sind, wobei ein Informationssymbol durch eine Differenz zweier zeitlich benachbarter Sendesymbole dargestellt ist, das ferner folgende Schritte aufweist:

Multiplizieren eines ersten Empfangssymbols mit dem konjugiert komplexen Wert eines zeitlich vorausgehenden Empfangssymbols;

Multiplizieren eines zweiten Empfangssymbols mit dem konjugiert komplexen Wert seines zeitlich vorausgehenden Empfangssymbols;

Berechnen der Log-Likelihood-Ratios für jedes der Multiplikationsergebnisse; und

Bestimmen des Informationssymbols aus den ersten und zweiten Log-Likelihood-Ratios.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem im Schritt des Bestimmens die Log-Likelihood-Ratios stärker berücksichtigt werden, deren zugrunde liegendes Multiplikationsergebnis einen höheren Betrag hatte.
18. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem im Schritt des Bestimmens die Log-Likelihood-Ratios beider Multiplikationsergebnisse addiert werden, um für jedes Bit des Informationssymbols ein Log-Likelihood-Ratio zu erhalten.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, bei dem die Log-Likelihood-Ratios für die Bits des Informationssymbols einem Viterbi-Decodieralgorithmus zugeführt werden, um die Bits des Informationssymbols im Empfänger zu bestimmen.



20. Vorrichtung zum Senden von Informationssymbolen mittels einer Mehrzahl von Trägern, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung (52, 54) zum Erzeugen eines ersten und eines zweiten Sendesymbols aufgrund eines einzigen Informationssymbols, wobei sich das erste und das zweite Sendesymbol voneinander unterscheiden;

einer Einrichtung (56) zum Modulieren des ersten und des zweiten Sendesymbols auf einen ersten und einen zweiten Träger; und

einer Einrichtung (62) zum Senden des modulierten ersten Sendesymbols zu einem ersten Zeitpunkt ( $k_1$ ) und des modulierten zweiten Sendesymbols zu einem zweiten Zeitpunkt ( $k_2$ ), wobei der zweite Zeitpunkt zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt liegt.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, bei dem der erste Träger und der zweite Träger voneinander unterschiedlich sind.
22. Vorrichtung nach Anspruch 20 oder 21, bei dem die Einrichtung (52, 54) zum Erzeugen ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Gruppierungseinrichtung (52) zum Gruppieren einer Mehrzahl von Bits, um ein Informationssymbol zu bilden; und

eine Änderungseinrichtung (54) zum Ändern des ersten und/oder zweiten Sendesymbols unabhängig von einer Information, die durch das Informationssymbol repräsentiert ist.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 22, bei der die Einrichtung (52, 54) zum Erzeugen mehr als zwei Sen-

desymbole erzeugt, die sich untereinander unterscheiden;  
und

bei der die Einrichtung (56) zum Modulieren mehr als zwei Sendesymbole auf jeweilige Träger moduliert; und

bei der die Einrichtung (62) zum Senden die mehr als zwei Sendesymbole zu jeweils unterschiedlichen Zeitpunkten sendet.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 23, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Differenz-Codiereinrichtung (10, 12, 14) zum Erzeugen von Differenzsymbolen zwischen den Sendesymbolen und den jeweils zeitlich vorausgehenden Sendesymbolen.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 24, die ferner folgende Merkmale aufweisen:

eine Einrichtung (16) zum Zuordnen der zu modulierenden Symbole zu einem Phasenwert aus einer vordefinierten Anzahl (M) von Phasenwerten.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 25, bei der die Einrichtung (56) zum Modulieren eine inverse schnelle Fouriertransformation zum parallelen Modulieren einer Vielzahl von Sendesymbolen bzw. Differenzsymbolen auf die Vielzahl von Trägern umfaßt, um ein MCM-Symbol zu erzeugen.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 26, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Kanalcodiereinrichtung (50) zum Faltungscodieren von Informationswörtern, um Bits für die Informationssymbole zu erzeugen.

28. Vorrichtung nach Anspruch 26 oder 27, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (58) zum Einfügen eines Schutzintervalls zwischen zwei MCM-Symbole; und

eine Einrichtung (60) zum Einfügen einer Synchronisationssequenz, um einen MCM-Frame zu bilden.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (62) zum Modulieren eines MCM-Frames auf einen HF-Träger; und

eine Antenne (62) zum Senden des modulierten HF-Trägers.

30. Vorrichtung zum Empfangen von Informationssymbolen, die mittels einer Mehrzahl von Trägern übertragen werden, wobei ein Informationssymbol durch ein erstes und ein zweites unterschiedliches Sendesymbol, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten empfangen werden, dargestellt ist, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung (84) zum Demodulieren der modulierten Träger zu jeweiligen Zeitpunkten ( $k_1$ ,  $k_2$ ), um ein erstes und ein zweites empfangenes Sendesymbol zu erhalten; und

einer Einrichtung (90, 96; 96, 100) zum Verwenden der beiden empfangenen Sendesymbole, um das Informationssymbol, das den beiden empfangenen Sendesymbolen zugrunde liegt, zu ermitteln.

31. Vorrichtung nach Anspruch 30, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Differenz-Decodiereinrichtung (88, 90; 90, 92, 94) zum Bilden einer Phasendifferenz zwischen zwei zeitlich aufeinanderfolgende demodulierten empfangenen Sendesymbolen.

32. Vorrichtung nach Anspruch 31, bei der die Differenz-Decodiereinrichtung (90, 92, 94) eine Multiplikationseinrichtung (92), eine Verzögerungseinrichtung (90) und eine Einrichtung (94) zum Bilden eines konjugiert komplexen Wertes aufweist.

33. Vorrichtung nach Anspruch 31, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (96a, 96b) zum Berechnen der Log-Likelihood-Ratios für die Multiplikationsergebnisse; und

eine Einrichtung (100) zum Kombinieren der Log-Likelihood-Ratios der Multiplikationsergebnisse, die sich auf die beiden empfangenen Sendesymbole beziehen, um das Informationssymbol zu erhalten.

34. Vorrichtung nach Anspruch 33, bei der die Einrichtung zum Kombinieren (100) angeordnet ist, um die Log-Likelihood-Ratios, die sich auf das erste und das zweite empfangene Sendesymbol beziehen, zu addieren, wobei die Vorrichtung ferner folgendes Merkmal aufweist:

eine Kanaldecodiereinrichtung (90), die einen Viterbi-Decodierer umfaßt.

35. Vorrichtung nach Anspruch 30, bei der ein Informationssymbol durch eine Differenz zwischen dem ersten Symbol und dem zeitlich vorausgehenden Sendesymbol sowie durch eine Differenz zwischen dem zweiten Sendesymbol und dem zeitlich vorausgehenden Sendesymbol übertragen wird, die ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (86) zum Schätzen der Phase jedes empfangenen Sendesymbols; und

eine Einrichtung (88, 90) zum Bilden der Differenz zwischen der Phase des empfangenen Sendesymbols und der Phase des zeitlich vorausgehenden empfangenen Sendesymbols, um einen empfangenen Phasendifferenzwert für jedes Sendesymbol zu erhalten.

36. Vorrichtung nach Anspruch 35, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (90) um Erhalten des Informationssymbols durch weiche Entscheidung aufgrund des empfangenen Phasendifferenzwerts mittels eines Viterbi-Algorithmus.

37. Vorrichtung nach Anspruch 35, bei der die Einrichtung zum Verwenden ferner folgende Merkmale aufweist:

eine Schwellenentscheidungseinrichtung zum Erhalten des Informationssymbols zum Vergleichen der empfangenen Phasendifferenzwerte für das erste und das zweite empfangene Sendesymbol mit einer harten Schwelle; und

eine Einrichtung zum Kombinieren der Ergebnisse der Schwellenentscheidungseinrichtung für das erste und das zweite empfangene Sendesymbol, um das Informationssymbol zu erhalten.

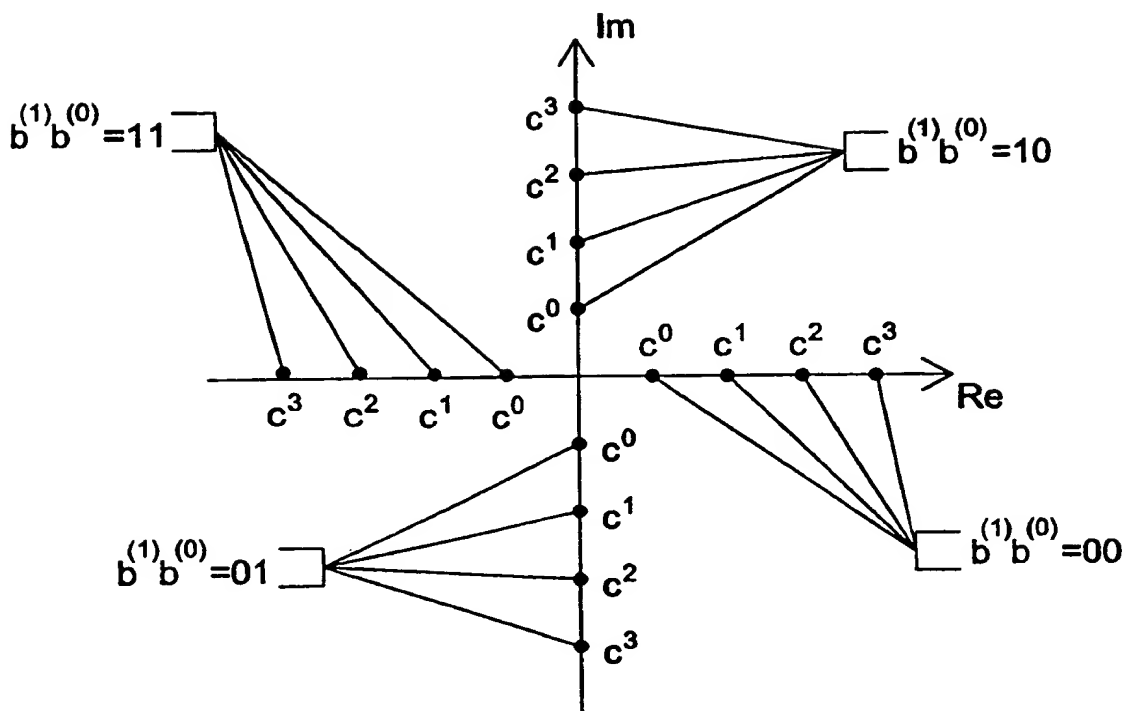


Fig. 1

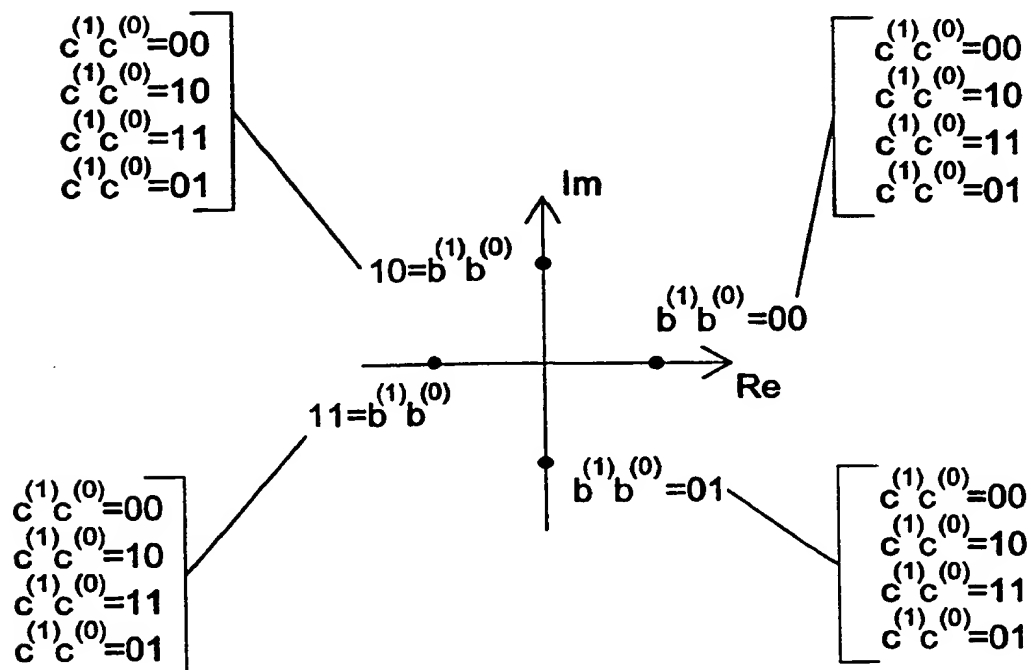


Fig. 2

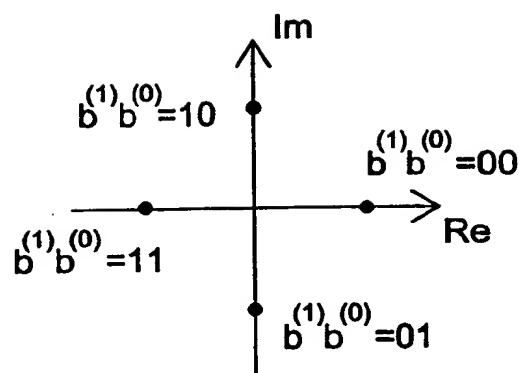


Fig. 3

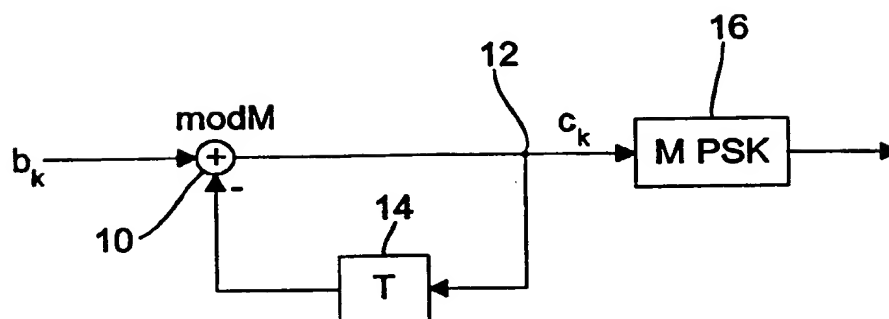


Fig. 4

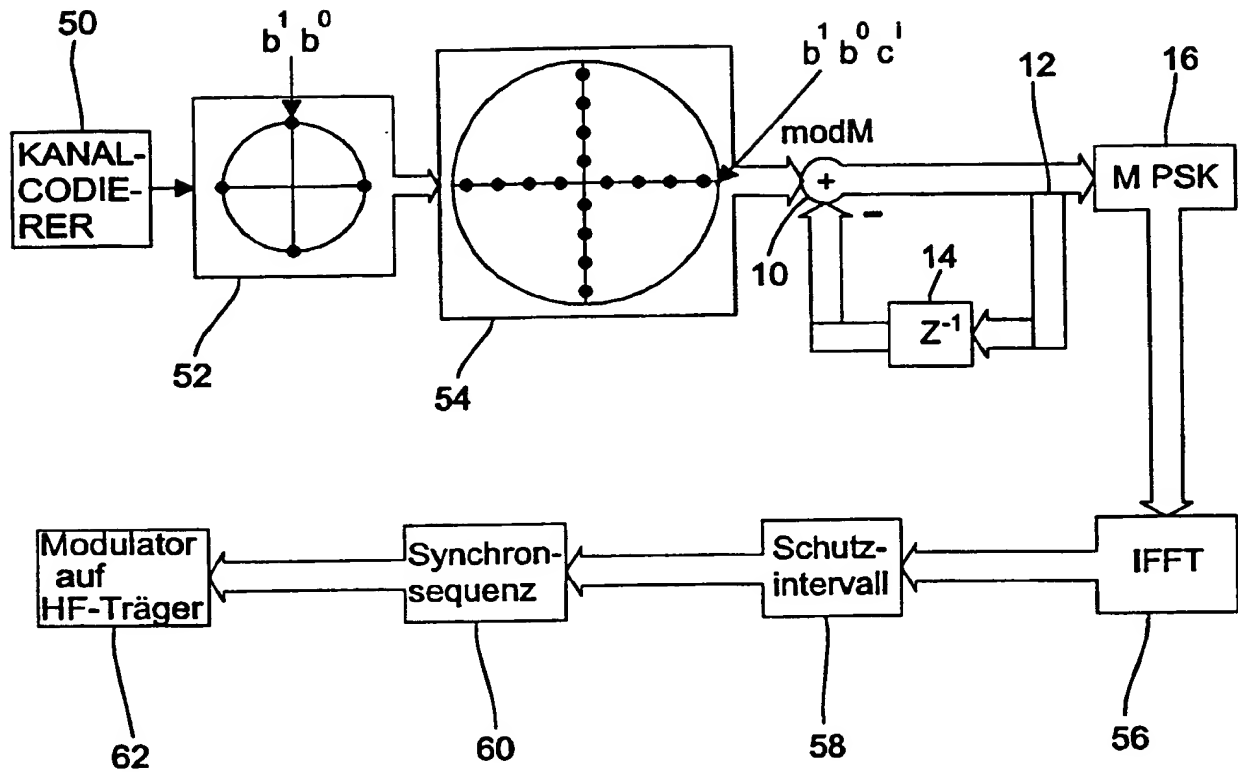


Fig. 5

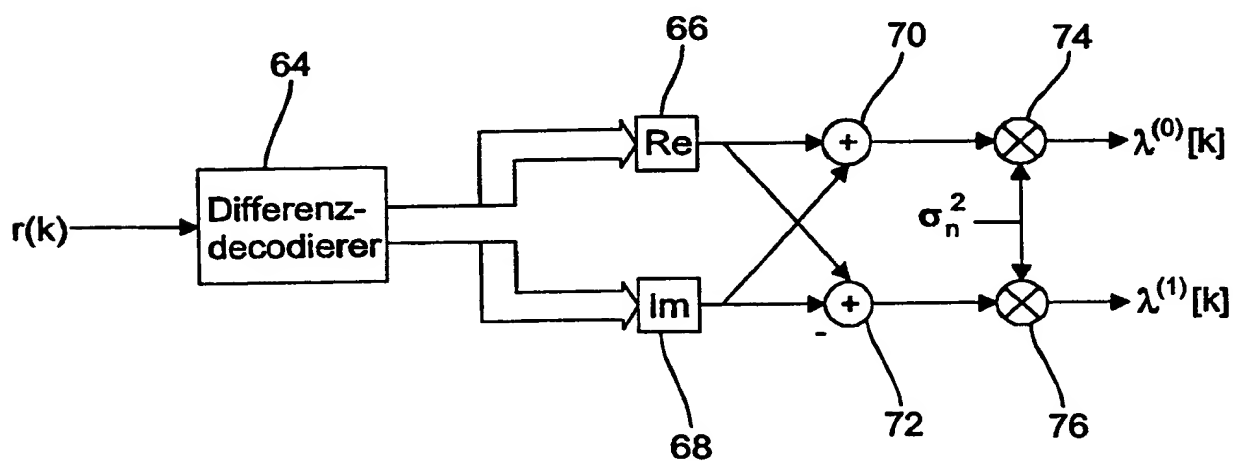


Fig. 6



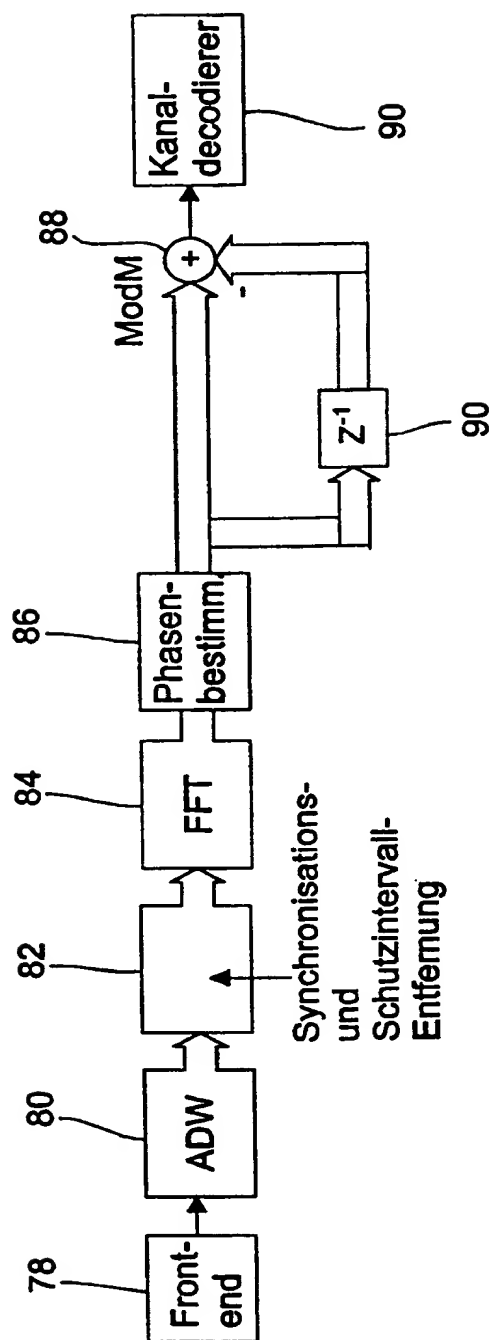


Fig. 7

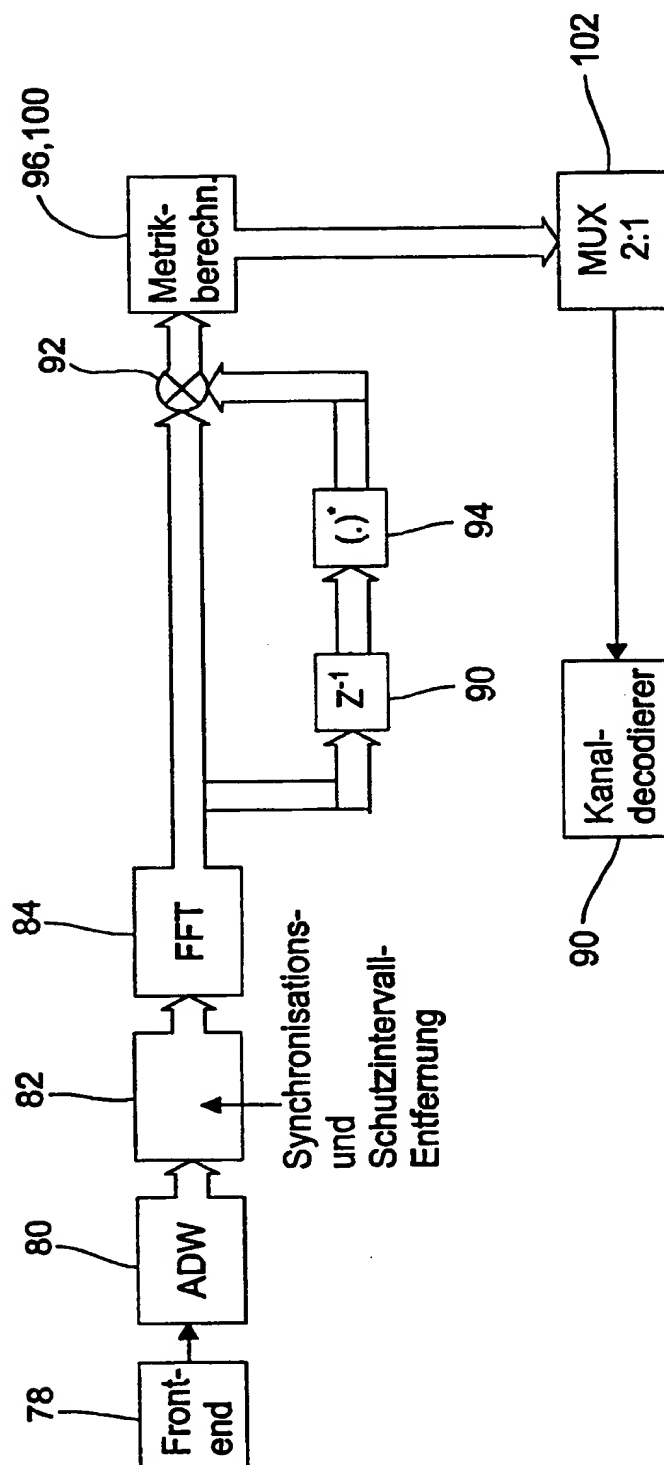


Fig. 8

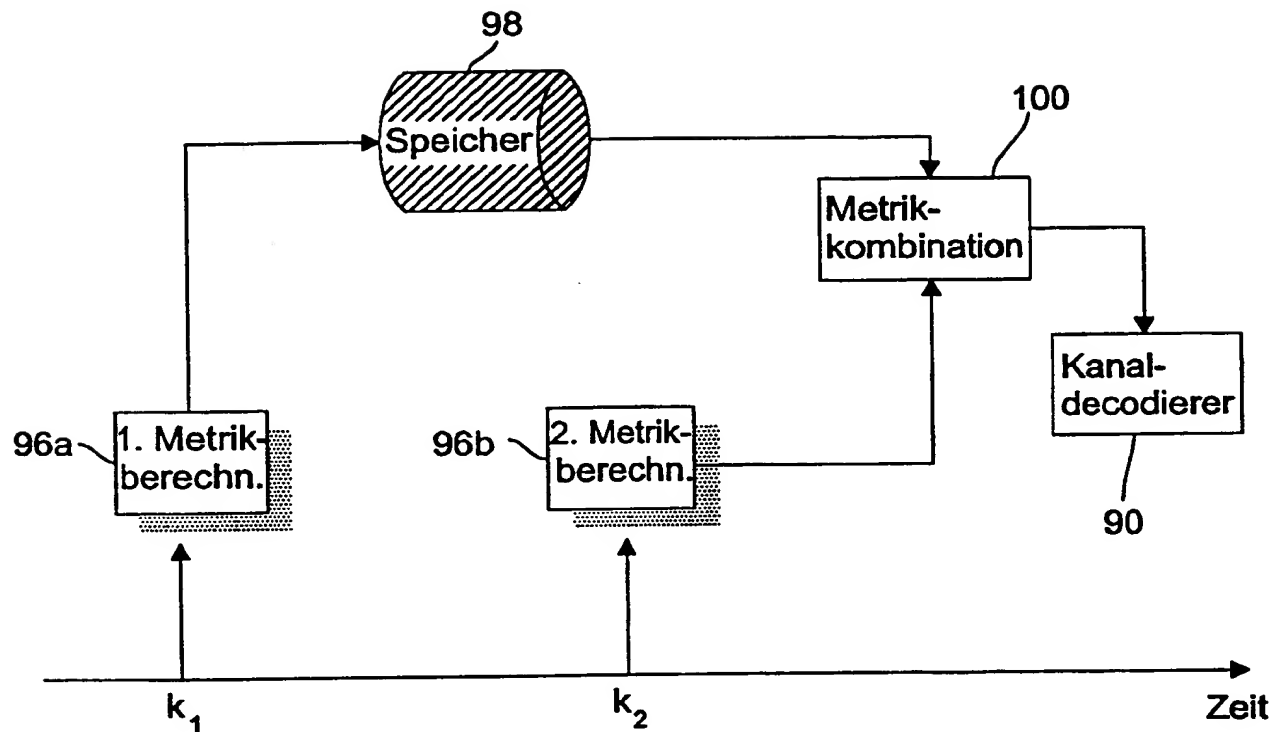


Fig. 9

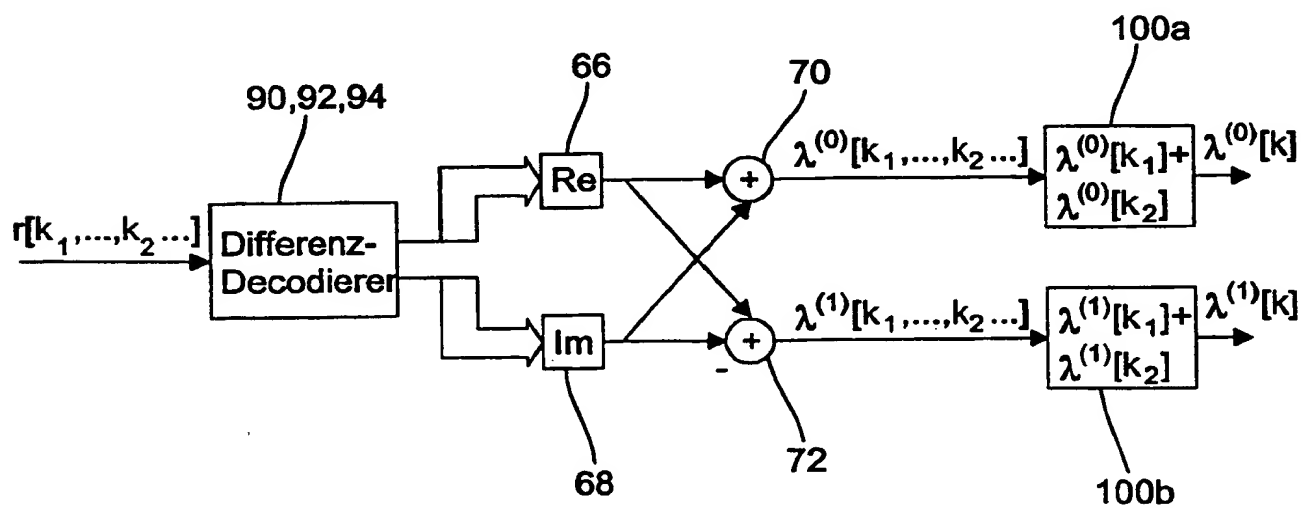


Fig. 10

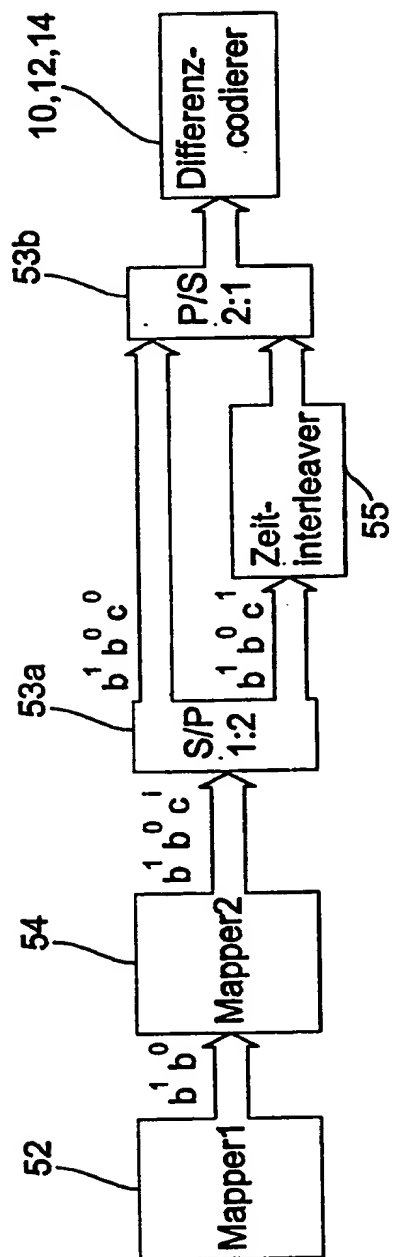


Fig. 11

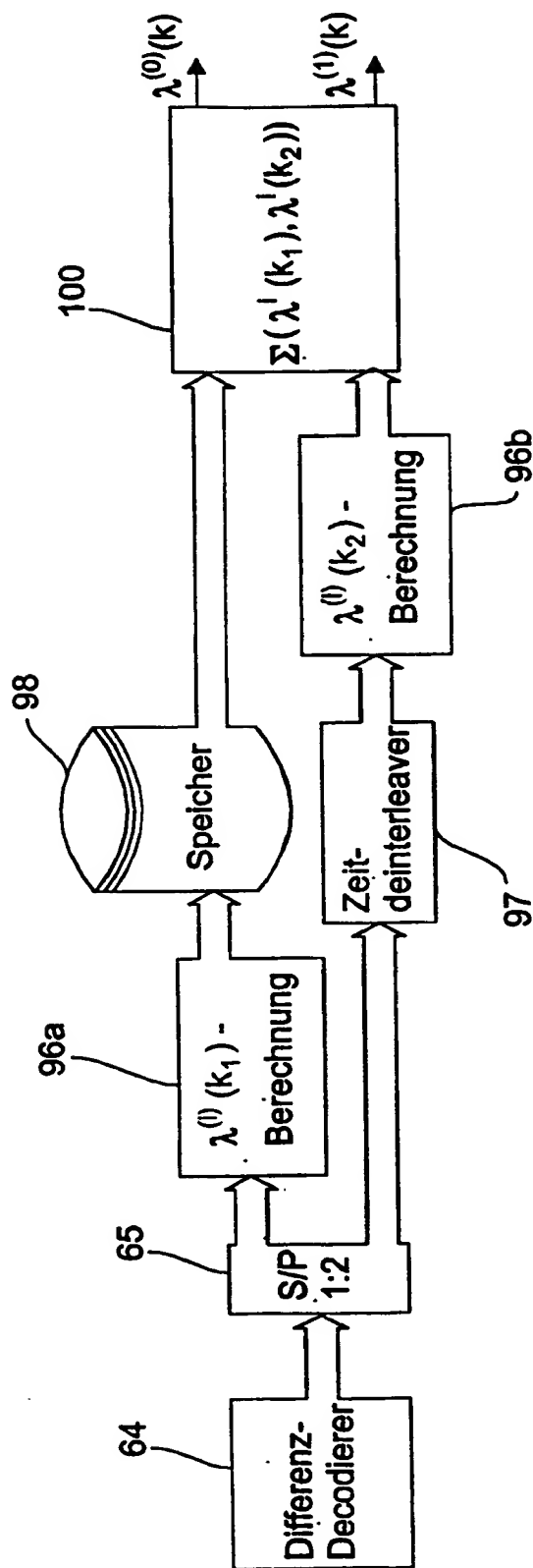


Fig. 12

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 99/02752

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b>		
IPK 7 H04L27/26      H04L1/04      H04L1/08		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
IPK 7 H04L      H04B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 2 291 314 A (BRITISH BROADCASTING CORP) 17 Januar 1996 (17.01.96)  Zusammenfassung section "Frequency Division" section "Time Division" section "Doubly-Orthogonal Coding" seite 11, abschnitt 4- seite 12, abschnitt 1 figuren 5,8-10  --- - / - -	1, 2, 6, 9, 11, 13 20, 22-26 28-31,35
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		
<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:</li> <li>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</li> <li>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</li> <li>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</li> <li>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</li> <li>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</li> <li>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</li> <li>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</li> <li>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</li> <li>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</li> </ul>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 9 August 1999 (09.08.99)		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 16 August 1999 (16.08.99)
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde European European Patent Office  Telefaxnr.		Bevollmächtigter Bediensteter   Telefonnr.

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 99/02752

## C (Fortsetzung). ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 606 047 A (WILKINSON ROBERT G) 12 August 1986 (12.08.86)  spalte 1, zeile 50 - zeile 68 spalte 4, zeile 54 - zeile 57 spalte 10, zeile 42 - zeile 55 figur 3 patentanspruche 1-4 ---	1,3,6,9, 11,12, 20-23, 25,30
X A	DE 195 32 959 A (BOSCH GMBH ROBERT) 13 März 1997 (13.03.97)  Zusammenfassung spalte 5, zeile 16 - zeile 61 spalte 6, zeile 59 - zeile 63 spalte 7, zeile 16 - zeile 19 figur 3 ---	11-14, 30-32 1-4, 7-10, 19-21, 24-29,36
X	US 3 665 395 A (BOCHMANN KARLHEINZ) 23 Mai 1972 (23.05.72) spalte 2, zeile 15 - zeile 33 spalte 3, zeile 29 - zeile 36 patentanspruche 1 ---	11,12,30
A	EP 0 572 171 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 1 Dezember 1993 (12.01.93)  Zusammenfassung seite 3, zeile 10 - zeile 31 figur 2 ---	1,2,4-7, 11,13, 14,20, 22,23, 25,27,30

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**  
Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 99 /02752

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
GB 2291314	A	17-01-1996	WO	9601535 A	18-01-1996
US 4606047	A	12-08-1986	DK	417682 A,B,	20-09-1982
			EP	0070287 A	26-01-1983
			WO	8202633 A	05-08-1982
			GB	2092415 A,B	11-08-1982
			JP	6318879 A	15-11-1994
			JP	7056945 B	14-06-1995
			JP	6042658 B	01-06-1994
			JP	58500099 T	13-01-1983
DE 19532959	A	13-03-1997	WO	9709812 A	13-03-1997
			EP	0848877 A	24-06-1998
US 3665395	A	23-05-1972	CH	474923 A	30-06-1969
			GB	1210846 A	04-11-1970
EP 0572171	A	01-12-1993	US	5305353 A	19-04-1994
			CA	2094193 A,C	30-11-1993
			JP	2859513 B	17-02-1999
			JP	6037683 A	10-02-1994
			US	5457712 A	10-10-1995

# PCT

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference <b>FH990401PCT</b>	<b>FOR FURTHER ACTION</b> see Notification of Transmittal of International Search Report (Form PCT/ISA/220) as well as, where applicable, item 5 below.	
International application No. <b>PCT/EP 99/ 02752</b>	International filing date (day/month/year) <b>15/04/1999</b>	(Earliest) Priority Date (day/month/year) <b>18/08/1998</b>
Applicant <b>FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER ...</b>		

This International Search Report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This International Search Report consists of a total of 3 sheets.

☒ It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

### 1. Basis of the report

a. With regard to the **language**, the international search was carried out on the basis of the international application in the language in which it was filed, unless otherwise indicated under this item.

☐ the international search was carried out on the basis of a translation of the international application furnished to this Authority (Rule 23.1(b)).

b. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international search was carried out on the basis of the sequence listing :

☐ contained in the international application in written form.

☐ filed together with the international application in computer readable form.

☐ furnished subsequently to this Authority in written form.

☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.

☐ the statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.

☐ the statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished

2. ☐ **Certain claims were found unsearchable** (See Box I).

3. ☐ **Unity of invention is lacking** (see Box II).

4. With regard to the **title**,

☒ the text is approved as submitted by the applicant.

☐ the text has been established by this Authority to read as follows:

5. With regard to the **abstract**,

☒ the text is approved as submitted by the applicant.

☐ the text has been established, according to Rule 38.2(b), by this Authority as it appears in Box III. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority.

6. The figure of the **drawings** to be published with the abstract is Figure No.

☒ as suggested by the applicant.

☐ because the applicant failed to suggest a figure.

☐ because this figure better characterizes the invention.

5  
☐ None of the figures.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/02752

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04L27/26 H04L1/04 H04L1/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>GB 2 291 314 A (BRITISH BROADCASTING CORP) 17 January 1996 (1996-01-17)</p> <p>abstract section "Frequency Division" section "Time Division" section "Doubly-Orthogonal Coding" page 11, paragraph 4 - page 12, paragraph 1 figures 5,8-10</p> <p style="text-align: center;">--- -/--</p>	<p>1,2,6,9, 11,13, 20, 22-26, 28-31,35</p>

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 August 1999

Date of mailing of the international search report

16/08/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Langinieux, F



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 99/02752

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 606 047 A (WILKINSON ROBERT G) 12 August 1986 (1986-08-12)  column 1, line 50 - line 68 column 4, line 54 - line 57 column 10, line 42 - line 55 figure 3 claims 1-4  ---	1, 3, 6, 9, 11, 12, 20-23, 25, 30
X A	DE 195 32 959 A (BOSCH GMBH ROBERT) 13 March 1997 (1997-03-13)  abstract column 5, line 16 - line 61 column 6, line 59 - line 63 column 7, line 16 - line 19 figure 3  ---	11-14, 30-32 1-4, 7-10, 19-21, 24-29, 36
X	US 3 665 395 A (BOCHMANN KARLHEINZ) 23 May 1972 (1972-05-23) column 2, line 15 - line 33 column 3, line 29 - line 36 claim 1  ---	11, 12, 30
A	EP 0 572 171 A (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH) 1 December 1993 (1993-12-01)  abstract page 3, line 10 - line 31 figure 2  -----	1, 2, 4-7, 11, 13, 14, 20, 22, 23, 25, 27, 30

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/02752

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2291314 A	17-01-1996	WO 9601535 A	18-01-1996
US 4606047 A	12-08-1986	DK 417682 A, B, EP 0070287 A WO 8202633 A GB 2092415 A, B JP 6318879 A JP 7056945 B JP 6042658 B JP 58500099 T	20-09-1982 26-01-1983 05-08-1982 11-08-1982 15-11-1994 14-06-1995 01-06-1994 13-01-1983
DE 19532959 A	13-03-1997	WO 9709812 A EP 0848877 A	13-03-1997 24-06-1998
US 3665395 A	23-05-1972	CH 474923 A GB 1210846 A	30-06-1969 04-11-1970
EP 0572171 A	01-12-1993	US 5305353 A CA 2094193 A, C JP 2859513 B JP 6037683 A US 5457712 A	19-04-1994 30-11-1993 17-02-1999 10-02-1994 10-10-1995